NATURVETENSKAPLIGA LÄSEBÖCKER. IV.

VÄRMET BETRAKTADT SÅSOM RÖRELSE

AF **JOHN TYNDALL.**

FEMTE ORIGINAL-UPPLAGAN, öfversatt och bearbetad af C. F. E. BJÖRLING.

MED EN TAFLA OCH 111 BILDER, HVARAF EN I FÄRGTRYCK.

LANDSKRONA, J. L. TÖRNQVISTS FÖRLAG.

Lund 1879, Fr. Berlings Boktryckeri och Stilgjuteri.

Pris: 4 kronor.

Förord till den elektroniska utgåvan

Heat considered as a mode of motion (1863) betraktas som den brittiske fysikern John Tyndalls främsta verk. Det översattes till franska och ryska redan 1864 och till tyska 1867 men den svenska översättningen dröjde ända till 1879 och utgick från det engelska originalets femte upplaga. Enligt Libris-katalogen finns den i två varianter, utgivna i Landskrona (översättaren Björling var då professor vid Lunds universitet) respektive Stockholm. I december 2015 digitaliserades exemplaret i Linköpings stiftsbibliotek, som är utgivet i Landskrona och tryckt i Lund.

I romanen *Anna Karenina* (1873-1877), **första delen, kapitel XXVII** nämns att Levin läser "Tyndalls bok om värmet", alltså den ryska översättningen av just detta verk.

Baktill i boken finns en 24-sidig katalog över förlagets utgivning. Däribland **en annons** för den av oss tidigare digitaliserade ***Konstruktören*** av Franz Reuleaux.

Förord.

De sju första kapitlen af detta arbete handla om det *termometriska* värmet; dess utveckling och förbrukande vid mekaniska förlopp; värmets mekaniska ekvivalent; uppfattningen af detsamma såsom en molekular-rörelse; tillämpningen af denna uppfattning på materiens fasta, flytande och gasformiga tillstånd, på utvidgnings- och förbrännings-fenomenen, på specifikt och latent värme, samt på värmets fortplantning genom ledning.

De sex följande kapitlen har författaren egnat åt behandlingen af det *strålande* värmet. Efter att i kap. VIII och IX hafva framställt grunderna af läran om detsamma, dess fortplantning under form af vågrörelse genom verldsethern, dess samband med ljuset, samt resultaten af äldre forskares, hufvudsakligen Mellonis, undersökningar öfver olika kroppars förhållande till detsamma, öfvergår han till en framställning af sina egna arbeten i samma väg, beträffande dels gasers och ångors (kap. X, XI), dels vätskors absorption och utstrålning,

samt konsonansen såsom den egentliga orsaken till både den ena och andra (kap. XII) samt redogör i kap. XIII för sina ryktbara försök öfver de mörka värmestrålarne.

Kap. XIV handlar om jordens, månens och solens utstrålning; om den sistnämnda verldskroppens byggnad och hypoteserna om orsaken till dess strålningskraft, samt om denna krafts förhållande till företeelserna på vår planets yta.

I det sista kapitlet redogör författaren slutligen för sina undersökningar om de korta ethervågornas verkan på gaser och sin derpå byggda hypotes om himlens blå färg samt himlaljusets polarisation.

De obetydliga ändringar af originalets framställning, hvilka öfversättaren ansett sig böra vidtaga, äro nästan uteslutande af formel art, afseende att göra arbetet mera tillgängligt för svenske läsare. De bestå således dels i utförligare behandlingaf en och annan punkt, hvilken synts honom något knapphändigt afhandlad i originalet, dels i en och annan omflyttning, verkställd i ändamål att undvika upprepningar, hvarjemte slutligen må nämnas, att alla i det följande anförda mätts- och vigts-uppgifter äro, der ej motsatsen uttryckligen tillkännagifves, svenska, samt att alla temperatur-uppgifter afse Celsii termometerskala.

Öfversättaren.

*

KAP. I.

Instrument. — Värmets utveckling genom friktion, tryck och slag. — Rumfords försök. — Vattens kokning medelst friktion. — Värmets förvandling till arbete.

Bihang: Om den termo-elektriska stapeln och galvanometerns konstruktion.

Anblicken af naturen uppväcker hos menniskan sinne för forskning. Likasom ögat är skapadt för att se, och örat för att höra, så är ock menniskans själ egnad att utforska och fatta sammanhanget mellan verldsalltets företeelser, och vår tids naturvetenskap är en frukt af denna medfödda sträfvan efter verksamhet.

Vetenskapen liknar i sin tillväxt en organism. Hvarje ny eröfring, som den gör, blir en lefvande, fruktbärande beståndsdel af den sjelf; en utgångspunkt för vidare forskningar, ett frö till nya upptäckter. Kanske erbjuder hela dess historia intet bättre exempel derpå än den utveckling, som den mekaniska värmeläran, med hvilken vi här skola sysselsätta oss, vunnit under de sista trettio åren.

Nog knapphändigt hafva de vanliga läroböckerna hittills behandlat detta ämne, och kunskapen derom är ännu i dag ingalunda hvar mans egendom. Förhållandet låter nog förklara sig; dessa frågor erbjuda, såsom vi väl komma att erfara, åtskilliga svårigheter. Men också erbjuder lösningen af intet annat naturvetenskapligt problem större lön åt arbetaren; de särskilda naturkrafterna stå med hvarandra i så nära vexelverkan, att vi erhålla en klar insigt i deras allmänna sammanhang, blott vi fullt fattat och tillegnat oss de lagar, som beherrska värmets företeelser. Härmed är vår väg utstakad; från de höjder, dit jag ämnar föra Er, skola vi erhålla en bättre öfverblick af den ordning, den harmoni och den skönhet, som råder genom hela verldsalltet, än om vi inskränkte vår färd till lägre, förut mycket trampade stigar.Min första uppgift blir att göra Er bekanta med några af de instrument, hvilka komma att användas vid undersökningen af dessa frågor. Framför allt måste jag på något sätt göra *temperatur-förändringar synliga för Er alla*. En vanlig termometer duger ej dertill; I kunnen på detta afstånd ej ens varseblifva dess qvicksilfverpelare. Och jag lägger särskild vigt på, att I med egna ögon sen de fakta, på hvilka vår teori skall byggas; jag önskar gifva Er ett material, hvarpå I kunnen grunda ett sjelfständigt omdöme, och medelst hvilket I kunnen kontrollera mina slutledningar. Af detta skäl måste vi i stället för en termometer använda det lilla instrument, som står här på bordet, en *termo-elektrisk stapel*En kort beskrifning på densamma finnes i bihanget till detta kapitel. *AB* (bild 1).

Bild 1.

Dess verkan och användning är följande. Det värme, som stapeln mottager, frambringar en elektrisk ström, och en sådan har förmåga att vrida en magnetnål, med hvilken den flyter parallelt, ur dess rigtning. Här sen I en sådan nål *mn* (bild 1), omgifven af en öfverspunnen koppartråd, hvars fria ändar *ww* äro förbundna med stapeln. Nålen är upphängd vid en tråd af otvinnadt silke och skyddad genom en glasklocka *G* från att störas genom luftdrag. Dess ena ända bär en spets af rödt, den andra en af blått papper. Dessa kunnen I alla seGalvanometern stod nemligen vid föreläsningarne på en pall framför det bord, hvarpå experimenten utfördes, och trådarne *ww* gingo från bordet ned till pallen., ochsålunda kan hvarje rörelse af nålen iakttagas äfven af de mest aflägsne åhörare här i rummet. Instrumentet kallas en *galvanometer*.

För ögonblicket är nålen stilla och visar på nollpunkten af den der under befintliga, graderade skifvan; detta bevisar, att ingen elektrisk ström går fram genom tråden. Nu andas jag ett ögonblick på stapelns blottade yta *A* — en enda pust är nog — nålen sätter sig i rörelse och beskrifver en båge på 90°Läsaren må naturligtvis ej förvexla *galvanometer*-grader med *termometer*-grader. Ö. A.. Den skulle gå ännu längre, om jag ej just på denna punkt (90°) satt en gräns för dess svängning eller utslag, ett hinder bestående af ett litet lodrätt glimmerblad. Denna nålens rörelse frambragtes genom den obetydliga värmemängd, som af min andedrägt meddelades stapelns yta, och ingen vanlig termometer skulle sannerligen hafva lemnat en på en gång så snabb och så tydlig uppgift derom.

Märken noga *rigtningen* af detta utslag: nålens röda ända rörde sig *från mig mot Er*. Vi låta nu stapeln afsvalna, hvartill naturligtvis en helt kort tid åtgår, och I sen, att i den mån detta sker, återvänder nålen till sitt förra läge. Nu skolen I få se köldens verkan på samma sida af stapeln. Jag afkyler detta metallstycke genom att lägga det på is, torkar det och berör dermed stapeln — ett enda ögonblicks kontakt är tillräcklig att åstadkomma ett hastigt och kraftigt utslag. Men aktgifven på dess rigtning! Den röda ändan af nålen rör sig nu *från Er mot mig*, således i motsatt led mot nyss. Af den rigtning, hvari nålspetsen rör sig kunna vi alltså sluta till, om värme eller köld blifvit tillfördt stapeln; under det rörelsens kraft — den hastighet, hvarmed nålen lemnar nollpunkten — gifver oss åtminstone ett ungefärligt begrepp om mängden af vare sig det ena eller andra. Framdeles skall jag lära Er ett sätt att numeriskt beräkna ifrågavarande värmebelopp; för närvarande är denna allmänna kännedom om våra instrument tillräcklig.

Min afsigt är nu att uppvisa sambandet mellan värmet och andra slags krafter, och vill jag derföre till en början göra några försök, som ådagalägga det förstnämndas utveckling på rent mekanisk väg.

Dessa trädstycken, som min assistent lemnar mig, hafva legat i det yttre rummet, hvars temperatur är lägre än denhärinne rådande; trädet måste derföre vara kallare än stapeln. Låtom oss se! Såsnart trädstycket berör stapeln, rör sig nålens röda ända från Er mot mig; beröringen har alltså afkylt instrumentet. Jag gnider nu försigtigt stapelns yta med trädet — försigtigt, ty instrumentet måste varsamt behandlas — och I sen, hvad som inträffar. Nålen går nu ända upp till 90° i en rigtning, motsatt den förra.

Detta försök äfvensom de följande, hvilka ådagalägga värmets utveckling genom mekaniska medel, äro för oss detsamma som en skolgosses första öfningar äro för honom. För att inprägla i minnet och fullkomligt uppfatta dem, måste vi upprepa och förändra dem på många sätt. Här är ett slätt messingsstycke, fästadt vid en kork, hvilken tjenar som handtag och skyddar metallen från all beröring med min varma hand. Jag berör stapeln med metallen; nålen rör sig och visar köld. Nu gnider jag messingen mot denna kalla trädbit och håller den derpå åter mot apparaten. Den har nu blifvit så varm, att om den finge förblifva i beröring med instrumentet, skulle den utvecklade elektriska strömmen kasta nålen häftigt mot glimmerbladen och sannolikt förändra dess magnetism. I sen, hvilket starkt utslag ett enda ögonblicks beröring åstadkommer. Ofta nog har jag som skolgosse bränt handen på en messingsknapp, som jag gnidit häftigt mot skolbänken.

Här är en rakknif, afkyld genom beröring med is; jag drar den på en brynsten utan olja, liksom för att slipa den. Derpå sätter jag stålbladet mot stapeln; nyss var det kallt, nu är det varmt. Jag tager vidare denna knif, gnider den mot ett bräde och håller den mot stapeln; den visar sig varm. Jag sågar itu detta kalla trädstycke med detta kalla

sågblad, och pröfvar först trädet, och derefter — sedan galvanometernålen åter inställt sig på nollpunkten — sågbladet på vanligt sätt; samma resultat för både det ena och det andra. Dessa äro de enklaste och vanligaste exemplen på värmets utveckling genom gnidning eller friktion; just derföre har jag valt dem. Så obetydliga de än äro, bära de vittnesbörd om en lag, som beherrskar universum.

Vi skola nu få se, att värme utvecklas genom *tryck*. Här är ett stycke furuträd, som blifvit afkyldt under detta rums temperatur och vid beröring med stapeln förorsakar ett utslag i köldrigtningen. Jag lägger in det i en liten hydraulisk press och ger det en dugtig kläm. Bringas det derefter i beröring med stapeln, angifver galvanometern, att det blifvit varmt genom pressningen. Sak samma inträffar, om denna blyklump sättes in i pressen och plattryckes.Nu till verkningen af *stötar* eller *slag!* Jag lägger en kall blykula på detta kalla städ, och slår derpå med en kall slägga. Denna nedfaller med en viss mekanisk kraft; dess rörelse hejdas plötsligt genom kulan och städet; dess kraft förstöres alltså skenbart. Men undersökom kulan; den är varm — och vi skola framdeles få se, att om man kunde uppsamla allt det genom slaget frambragta värmet och använda det mekaniskt utan förluster, skulle man medelst detsamma kunna åter upplyfta släggan till den höjd, hvarifrån den nedföll.

Bild 2.

Se här ett annat försök i samma väg! I detta kärl är en del qvicksilfver, på förhand afkyldt i yttre rummet. En sida af stapeln är öfverdragen med fernissa, för att skyddas mot qvicksilfrets förstörande inverkan; denna sida neddoppas deri, och galvanometernålen angifver köld. Dessa båda glas *A* och *B*, (bild 2), äro omsvepta med tjocka klädeslister, för att mina händers värme ej må framtränga till qvicksilfret; jag häller det nu ur det ena glaset i det andra och tillbaka. Det faller med en viss mekanisk kraft; dess rörelse förstöres, men värme utvecklas. Den värmemängd, som erhålles genom en enda uthällning, är ytterst liten; jag kunde lätt nog beräkna för Er dess exakta belopp, men vill ej ännu inlåta mig på qvantitativa bestämningar. I stället häller jag qvicksilfret ur glas i glas tio eller femton gånger. Och sen nu resultatet, när stapeln åter neddoppas; qvicksilfret, som vid försökets början var kallare än instrumentet, är nu i stället varmare. Vi eftergöra här i rummet en företeelse, som inträffar vid foten af hvarje vattenfall. Bland de närvarande befinna sig några mina vänner, som en gång stått i Niagaras skum; hade de doppat tillräckligt känsliga termometrar i vattnet ofvanför och nedanför fallet, skulle de hafva funnit det sednare varmare än det förra. Sjömännens påstående, att hafsvattnet efter en storm är varmare än förut, är således åtminstone teoretiskt sannt; vågornas mekaniska kraft omsattes till sist i värme.Så ofta som friktion öfvervinnes, bildas värme, och den utvecklade värmemängden är just måttet på den kraft, som förbrukats till hindrets öfver vinnande. Värmet är helt enkelt den ursprungliga kraften i annan form, och om vi vilja hindra denna förvandling, måste friktion förekommas. Vi olja en slipsten, vi stryka fett på ett sågblad och smörja omsorgsfullt jernvägsvagnarnes hjulaxlar. Hvad är det verkliga ändamålet med allt detta? Låtom oss först söka de stora grundsatserna; deras genomförande i detaljer skall komma efteråt.

Maskinistens uppgift är att föra sitt tåg från ett ställe till ett annat; till detta ändamål önskar han använda sin ångas kraft, eller snarare eldens, som gifver styrkan åt den förra. Det strider mot hans intresse, att någon del af denna kraft får antaga annan form, under hvilken den ej befordrar hans ändamål. Han har alls ingen fördel af, att hjulaxlarne upphettas, och undviker derför efter bästa förmåga att derpå förspilla sina tillgångar. Ur värme har han ju i sjelfva verket erhållit sin ångkraft och har alls icke för afsigt att låta den medelst friktion återtaga sin ursprungliga form. För hvarje grad, som hans hjulaxlar uppvärmas, undandrages ett visst belopp från hans maskins kraft. Såtillvida går ingenting förloradt. Kunde vi uppsamla allt det genom friktionen utvecklade värmet och använda det mekaniskt, skulle vi derigenom kunna meddela tåget jemnt upp så mycken fart, som det genom friktionen förlorat.

Ni finner sålunda, att hvarje lokomotiv-smörjare, som går omkring med sin burk och öppnar locken på de små lådorna kring axellagren, bildar, utan att sjelf veta det, en lefvande illustration till en af de grundlagar, som sammanhålla verlden. Genom denna sin anspråkslösa verksamhet ådagalägger han omedvetet sin öfvertygelse om kraftens såväl oförstörbarhet som förvandlingsförmåga; han uttalar praktiskt den sats, att mekanisk kraft kan förvandlas till värme, men efter denna förvandling ej längre existerar i sin förra form, utan att för hvarje

värmegrad, som utvecklas i axlarne, måste en noggrannt motsvarande eqvivalent af maskinens *rörande* kraft uppoffras.

Våra lokomotivs hela kraft härstammar, som sagdt, från värme och kan under vissa omständigheter blifva till sådant igen. För att tågets erforderliga snabbhet må bibehållas, måste friktion alltjemt öfvervinnas, och den kraft, som dertill användes, förvandlas hel och hållen till värme. En framstående författare, D:r R. J. Mayer i Heilbronn, har jemfört förloppet med en destillation: eldens kraft i härden öfvergår till tågets mekaniska rörelse, och denna rörelse framträder åter som värme i hjul,axlar och skenor. När tåget, med en fart af t. ex. fyrtio fot i sekunden, närmar sig en station, tillskrufvas bromsen, och rök och gnistor välla fram ur hjulet, hvaremot den pressas. Derigenom stannas tåget. Hvarför? Helt enkelt derför, att hela den rörelsekraft, det innehade i det ögonblick, då bromsen anbragtes, nu förvandlades till värme.

Samma är förhållandet med en timmerman, som stryker fett på sin såg. Han använder sin arms muskelstyrka i afsigt att skära trädet, d. v. s. att medelst sågens tänder öfvervinna detsammas mekaniska kohesion. Går sågen trögt på grund af gnidningen mot dess flatsida, åstadkommer han med samma bekostnad af kraft ett vida mindre resultat, än när verktyget arbetar utan friktion. Men i hvilket hänseende mindre? Icke i det stora hela, men visserligen med afseende på hans särskilda ändamål. Den kraft, som ej kommer detta ändamål till godo, försvinner icke, utan förvandlas till värme, såsom jag nyss visade Er med ett exempel. Kunde vi äfven här uppsamla det genom friktionen bildade värmet och använda det till sågens rörande, så vore vi i stånd att åter skaffa till rätta just det kraftbelopp, som timmermannen, genom uraktlåtenhet att göra sin såg nog glatt, omsatte till en för sitt ändamål olämplig form.

Vi värma våra händer genom att gnida dem mot hvarandra, och om en lem af vår kropp blir förfrusen, söka vi på samma sätt tillföra den det nödiga värmet. Vildarne förstå konsten att frambringa eld genom att behändigt gnida två dertill lämpliga trädstycken mot hvarandra. Det är ej synnerligen svårt att kola träd i en svarfstol medelst friktion. Medelst sådan upphetta vi en tändsticka till antändnings-temperatur. Under mörka nätter framspringa ofta gnistor under våra arbetares fötter, när deras skospikar slå ihop med Hampshire-vägarnes flintstenar. Detsamma se vi i London under omnibus-hästarnes hofvar. Då stålet och flintan slå emot hvarandra, upphettas de afslagna metallpartiklarne genom stöten så starkt, att de fatta eld och förbrinna. Men upphettning måste föregå förbränningen. Davy fann, att inga gnistor frambragtes, när en bössas flintlås trycktes af i lufttomt rum, men att de afslagna metallpartiklarne visade vid mikroskopisk undersökning spår till smältning. Här är en stor bergkristall; jag behöfver blott draga detta mindre exemplar hastigt deröfver, för att frambringa värme och ljus. Här äro två qvartsstenar; jag behöfver blott gnida dem mot hvarandra, för att få dem att lysa.

Aristoteles talar om, att pilar uppvärmas genom friktionen mot luften; detsamma är händelsen med en bösskula. Den tillförlitligaste teorien för stjernfallen säger oss, att de äro småplanetariska kroppar, som kretsa omkring solen, men genom jordens attraktion dragas ur sina banor och upphettas till hvitglödning genom gnidning mot vår atmosfer. Chladni uppställde denna hypotes, och Joule har visat, att den atmosferiska friktionen är fullt tillräcklig att åstadkomma sådan verkan. Han torde ock hafva rätt i sin åsigt, att flertalet af våra aëroliter sprängas af hettan sönder i små bitar, och att jorden derigenom undslipper ett förfärligt bombardement. Dessa kroppar röra sig med planetarisk fart; de fyra inre planeternas hastigheter i sina banor äro följande:

Mercurius

4,57

sv. mil

i

sekunden

Venus	3,34	”	”	”
Jorden	2,84	”	”	”
Mars	2,30	”	”	”

under det aëroliternas vexlar mellan 3 och 6 mil. Den friktion, som uppkommer genom denna oerhörda hastighet, är tvifvelsutan tillräcklig att frambringa de ifrågavarande verkningarne.

För mer än sextio år sedan anställde Rumford, en af Royal Institutions grundläggare, en serie försök öfver värmets utveckling genom friktion, hvilka, sedda från den nutida forskningens synpunkt, äro af största vigt och intresse. Öfverhufvudtaget äro de tjenster, hvilka denna institutions grundläggare och lärare hafva gjort vetenskapen om naturkrafterna, af den art, att de aldrig kunna förgätas. Thomas Young lade grunden till den optiska undulationsteorien, hvilken i sin fulla utsträckning omfattar äfven vår nuvarande värmelära. Davy framställde i hufvudsak just samma åsigter, som jag här ämnar så småningom utveckla för Er. Faraday uppställde lagarne för eqvivalensen mellan kemisk kraft och elektricitet, och hans magneto-elektriska upptäckter voro just de första fakta, hvilka Joule använde som exempel på den mekaniska kraftens och värmets öfverförande i hvarandra. Rumford försvarade år 1798 i en, såväl i afseende på slutledningar som undersökningar högst betydande afhandling, den lära om värmets natur, som nyare försök af framstående forskare hafva satt utom allt tvifvel. Han var vid den tiden sysselsatt med kanonborrning i München, och hans uppmärksamhet fästes der i så hög grad vid den genom borrningen utvecklade stora värmemängden, att han uttänkte en särskild apparat för att nogare studera ämnet. För detta ändamål konstruerade han en ihålig jerncylinder, i hvilken en massiv, mot bottnen tryckande piston var inpassad. Cylindern omgafs af en låda, innehållande ett pund vatten, hvari en termometer var nedsänkt; dess temperatur var i början 16°. Derpå kringvreds denna cylinder med hästkraft, och en timme eftergnidningens början hade vattnets temperatur stigit till 42°, alltså med 26°. En halftimme sednare,

d. v. s.

1

tim.

30

min.

från

början

var

den

61,1°,

2

„

„

„

„

„

81,1°,

2

„

20

„

„

„

„

„

93,3°,

och efter halftredje timme *började vattnet koka*.

”Det vore svårt”, berättar Rumford, ”att skildra den öfverraskning, som målade sig på alla närvarandes anleten, vid anblicken af denna stora vattenmassa, som kokade utan eld. Ehuru saken ej för mig erbjöd något synnerligen förvånande, erkänner jag dock, att den skänkte mig ett barnsligt nöje; en tillfredsställelse, som det naturligtvis varit bäst att ej låta märka, derest jag lagt vigt på äran att gälla för en allvarlig forskare och filosof”Rumfords Essays, vol. II, s. 484.. För vår del tror jag, att vi ej synnerligen värdera en dylik ära, köpt för ett dylikt pris.

Joule har beräknat det belopp af mekanisk kraft, som vid detta ryktbara försök användes till värmets frambringande, och dervid kommit till ett resultat, som enligt hans egen uppgift ”icke så mycket afviker” från det, hvilket han sjelf, stödd på nutidens djupare insigter och med dess förbättrade försöksmetoder, erhållit beträffande den numeriska ekvivalensen mellan arbete och värme.

Bild 3.

Det kan ej komma ifråga att här eftergöra Rumfords experiment; vi kunna naturligtvis icke uppoffra två och en half timme på ett enda dylikt. Emedlertid hoppas jag kunna visa Er i hufvudsaken detsamma på lika många minuter. Här är ett messingsrör (*b*, bild 3), fyra tum långt och af 3/4 tumsdiameter innantill. Det är tillslutet i bottnen och förenadt med en rotationsapparat, hvarigenom det kan kringvridas mycket hastigt. Här sen I vidare tvenne, genom ett gångjern förenade ekskifvor, i hvilka äro anbragta två halfcirkelformiga rännor, passande till messingsröret; de bilda en slags tång *T*, genom hvars hopklämning friktion uppkommer, då röret roterar. Jag fyller det till en del med kallt vatten, sätter i en kork för att hindra vätskans utkastande och kringvrider apparaten. Vattnets temperatur stiger, och röret är redan för hett att kunna fattas med fingrarne. Ännu en stund — och korken slungas ut med en explosion, under det den utströmmande ångan bildar ett litet moln i luften.

Bild 4.

I alla de fall, hvarmed vi hittills sysselsatt oss, *utvecklades* värme på bekostnad af mekanisk kraft; våra försök hafva visat, att det förra frambringas, när den sednare förstöres. Men nu vill jag göra det motsatta försöket och visa er värmets *förbrukande* för åstadkommande af mekaniskt arbete. Här är ett kärl (*v*, bild 4) med starka väggar, för ögonblicket fyldt med sammantryckt luft; det har legat några timmar här i rummet, så att den inneslutna luftens temperatur är lika med den yttres. Denna inneslutna luft trycker nu naturligtvis mot kärlets väggaroch strömmar häftigt ut, om kranen *c* öppnas. Ordet ”strömma” uttrycker emedlertid ej riktigt bra det verkliga förhållandet; den utgående luften *drifves* ut af den derbakom befintliga, och denna sistnämnda utför således dervid ett arbete. Och i hvilket tillstånd kommer väl denna *arbetande luft* att under förloppet befinna sig? Den kommer att afkylas. Den har nemligen för arbetets utförande ingen annan kraft att tillgå än sitt eget inneboende värme, af hvilket i sjelfva verket den spänstighet, hvarmed den trycker mot kärlets väggar, hel och hållen härrör. En del af detta värme förbrukas, och ett temperaturfall måste bli följden deraf. Sen nu på! Jag vrider om kranen *c* och låter luftströmmen från *v* träffa stapelns *P* yta. Magnetnålen ger ögonblickligt utslag; dess röda ända drifves mot mig och tillkännager således, att stapeln blifvit *afkyld* af luftströmmen.

Bild 5.

Helt annan blir följden, om luft drifves ut genom pipen af en vanlig blåsbälg eller pust (bild 5) mot stapeln. I det förra försöket uträttades det mekaniska arbetet, luftens utdrifvande, af luften sjelf, och en del af dess värme förstördes genom denna ansträngning. Vid blåsbälgen är det deremot mina muskler, som utföra arbetet; bälgens öfre botten lyftes och luften strömmar in; derpå tryckas bottnarne mot hvarandra, och den drifves ut. Denna utdrifna luft stöter mot stapelns sida och, uppvärmd dels genom sammantryckningen dels genom denna stöt, föranleder den, att galvanometernålens röda spets nu går mot Er, dermedangifvande uppvärmning. För att försöket skall lyckas måste jag emedlertid föra bälgpipen helt nära intill stapeln och blåsa starkt. Är nemligen afståndet mellan båda något större, blir luften, som utströmmar varm ur bälgen, afkyld genom sin egen utvidgning.

Se här till sist en flaska sodavatten, något litet varmare än stapeln, som I genast sen af det utslag, den förorsakar. Jag afskär tråden, som fasthåller korken; denna drifves ut af kolsyrans spänstighet; gasen utför alltså ett arbete, afkyles dervid — och nu sen I, att det utslag, flaskan åstadkommer, angifver köld.

Det finnes en verklig poësi i hvardagslifvets obetydligaste tilldragelser; de enklaste förrättningar, hvilka hvarje barn förstår att utföra, bilda, såsom vi småningom skola få se, endast exempel på och illustrationer till de stora grundlagar, hvilka beherrska materiens alla företeelser.

Bihang till kap, I. Om den termo-elektriska stapeln.

AB (bild 6) är en stång af antimon, och *BC* en af vismut; båda äro sammanlödda vid *B*, och deras fria ändar *A, C* förenade genom en metalltråd *ADC*. Uppvärmes lödningsstället *B*, så uppkommer en elektrisk ström i rigtning från vismuten till antimonet genom *B*, deremot från antimonet till vismuten genom tråden *ADC*. Pilarne angifva denna strömrigtning. Afkyles deremot lödningsstället *B*, uppstår en ström i motsatt led mot den förra. Bilden föreställer ett s. k. termo-elektriskt par eller element.

Bild 6.

Genom förening af flere dylika kan man åstadkomma en starkare ström än genom ett enda. Bild 7 föreställer en dylik sammansättning; de streckade stängerna antagas der vara af antimon, de svarta af vismut. Uppvärmas alla lödningsställena *B, B* o. s. v., uppstår en ström i hvarje, och summan af alla dessa i samma rigtning flytande strömmar gifver naturligtvis ett kraftigare resultat än hvarje särskild.

Det af hvarje element bildade V behöfver ej vara så öppet, som det är tecknadt i bild 7; man kan utan någon olägenhet sammandraga det. Måste flere element förenas inom ett mindre rum, kan således hvarje särskildt formas som i bild 8. Stängerna skiljas här utefter hela sin längd medelstpappersremsor, och den af ett större antal dylika par bildade stapeln har det utseende, som bild 9 angifver.

Bild 7.

Bild 8.

Bild 9.

Då den ström, som uppkommer genom värme, alltid går från vismut till antimon vid det upphettade lödningsstället, så finner man af en blick på bild 7, att uppvärmning af punkterna *A, A* frambringar en ström af motsatt rigtning mot den, som bildas genom uppvärmning af *B, B*. Derför åstadkommer ock värmet på den termoelektriska stapeln strömmar af motsatta rigtningar, allteftersom det meddelas åt dess ena eller andra sida.

Är båda sidornas temperatur lika, neutralisera de hvarandra, huru heta de än må vara; men såsnart den ena blir varmare än den andra, uppstår ström genast. Elektricitets-utvecklingen beror således på temperatur-*skilnaden* mellan båda sidorna, och strömstyrkan är inom vissa gränser proportionel mot denna skilnad.

Äfven genom förening af andra metaller och uppvärmning af lödningsställena kunna dylika strömmar frambringas. Man kan i detta hänseende ordna de flesta metaller i en s. k. tensionskedja, så att vid förening af tvenne hvilkasomhelst i serien strömmen går från den föregående till den efterföljande. Följande metaller äro på detta sätt ordnade: Vismut, Nickel, Kobolt, Platina, Koppar, Guld, Tenn, Zink, Jern, Antimon. Dock är denna ordning endast vid smärre temperaturskilnader fullt tillförlitlig.

Termo-elektriciteten upptäcktes af Seebeck år 1822. Nobili konstruerade den första termo-elektriska stapel, men först 1835 erhöll instrumentet genom Melloni en sådan betydelse, att det numera vid undersökningar öfver strålande värme har utträngt alla andra.

Om galvanometerns konstruktion.

En elektrisk ströms tillvaro och rigtning visa sig genom dess verkan på en fritt upphängd magnetnål. En sådan hålles emedlertid i den magnetiska meridianen genom jordens magnetiska kraft, och strömmen måste derför öfvervinna denna sednare, för att sätta nålen i rörelse. En mycket svag ström förmår ej detta i någon märkbar grad, och man använder derför på en gång följande båda hjelpmedel för att föröka dess verkan.För det första upprullas tråden, genom hvilken strömmen går fram så att den omgifver nålen flere gånger; den sednare måste naturligtvis dock svänga fritt inom trådrullen. Strömmens verkan blir härigenom mångdubblad.

Bild 10.

Det andra medlet består i att neutralisera jordmagnetismen, utan att dock minska nålens magnetism. Detta mål uppnår man genom att i stället för en nål använda ett "astatiskt" system (bild 10) d. v. s. tvenne nålar, fästade vid ett vertikalt skaft på det sätt, att den enas nordpol *n* ligger rätt öfver den andras sydpol *s'*, och tvärtom. Den ena nålen måste befinna sig inom den upprullade tråden, genom hvilken strömmen framgår, den andra svänger fritt ofvanför denna rulle, och det vertikala skaftet, hvarvid båda äro fästade, går genom en öppning i rullen. Vore nemligen båda nålarne derinom, skulle strömmen vrida dem i motsatta rigtningar, och den ena således neutralisera den andra. Är deremot den ena innanför, den andra utanför, vrider strömmen båda åt samma håll.

Ett dylikt nålpar erhålles sålunda. Man magnetiserar båda två till full mättning och upphänger dem derefter, såsom bild 10 utvisar, på ett ställe, der de skyddas mot luftströmmar. Systemet inställer sig då vanligtvis i den magnetiska meridianen, emedan den ena nålen nästan alltid är starkare än den andra. Man försvagar då försigtigt den förra genom att beröra den med en mindre magnet. När båda äro fullkomligt lika starka, ställa de sig *vinkelrätt mot den magnetiska meridianen.*

Bild 11.

Man skulle väl på förhand kunna tro, att i detta fall borde jordens styrande kraft vara helt och hållet upphäfd, och systemet följaktligen neutralt i afseende på rigtning, så att det endast skulle följa upphängningstrådens vridande kraft. Så vore ock händelsen, om man kunde med matematisk noggrannhet sätta båda nålarnes axlar i samma vertikalplan. I praktiken är detta så godt som omöjligt; axlarne korsa alltid hvarandra. Låt *ns, n's'* (bild 11) föreställa de två nål-axlarne, som sålunda korsa hvarandra, samt *ME* den magnetiska meridianen. Antag, att polen *n* drages af jordmagnetismen i rigtningen *nm*, och polen *s'* i motsatt rigtning. Ehuru nu dessa båda poler äro af olika styrka, segrar dock i detta fall den vid *s'* verkande kraften, emedan den tydligen *verkar på längre häfstångsarm.* Nålarne aflägsna sig följaktligen ännu mer från meridianen, och man finner lätt af det anförda, att systemet ej kommer i jemnvigt,förrän den linie, sora delar vinkeln mellan axlarne midt itu, blir vinkelrät mot meridianen.

Detta är det afgörande profvet på nålarnes lika styrka; men för att komma derhän har man vanligen att genomgå flere grader af snedvinklighet mot meridianen. I dessa fall uppväges den ena nålens öfverlägsenhet i afseende på styrka af den fördel, som den andra eger i afseende på häfstångs-arm. Genom en lycklig slump kommer man stundom medelst en enda beröring med magneten till målet; men ofta måste flere timmar dertill uppoffras. Denna fullkomliga likhet i styrka erfordras naturligtvis blott vid mycket noggranna undersökningar, men är då också alldeles nödvändig.

Men en annan svårighet väntar ofta forskaren, sedan den nu beskrifna väl är öfvervunnen. Det sålunda erhållna nålsystemet är känsligt för det ringaste magnetiska inflytande, och den öfverspunna koppartråden, som är uppvindad på galvanometerrullen, innehåller vanligen ett spår af jern, tillräckligt att vrida systemet ur dess rigtiga ställning. Jag har haft rullar, för hvilka ifrågavarande afvikning uppgick till trettio grader; och i de instrument, som Du Bois Reymond använde vid sina undersökningar öfver den animala elektriciteten, var det af rullen förorsakade utslaget stundom ännu större. Redan Melloni varsnade denna olägenhet och föreslog, att koppartrådarne skulle vid tillverkningen dragas genom agathål för undvikande af all beröring med jern eller stål. Man har ock föreslagit att använda silfver i stället för koppar.

För att på fullt tillfredsställande sätt kunna fullfölja sina vackra termo-elektriska undersökningar, framställde Magnus i Berlin ren koppar medelst en högst mödosam elektrolytisk process. Emedlertid måste metallen omsmältas åtta gånger å rad, innan den kunde dragas till tråd. I sjelfva verket är det ifrågavarande felet så störande för instrumentets noggrannhet, att knappast någon uppoffring af möda är för stor i fråga om dess afhjelpande.

Min egen erfarenhet i saken är rätt lärorik. Jag lät för några år sedan konstruera ett i många afseenden förträffligt instrument hos Sauerwald i Berlin. Nålsystemet afvek dock fullt 30° från nollpunkten, oaktadt ingen ström genomgick rullen. Det var alldeles omöjligt att göra noggranna bestämningar med detta instrument.

Jag lät Mr Becker borttaga tråden och i stället anbringa engelsk tråd; afvikelsen nedgick nu till 3 grader.

Detta var ett stort framsteg, men likväl icke tillräckligt. Jag började göra undersökningar angående möjligheten att erhålla ren koppar, men resultatet var nedslående. Redan var jag nära att misströsta, då följande tanke vaknade hos mig. Trådrullens inverkan måste bero på inblandning af jern i kopparn, ty ren koppar är diamagnetisk, den *repelleras* svagt af en stark magnet. Jag kunde derför använda sjelfva magneten såsom ett medel till ögonblicklig analys; jag kunde medelst densamma genast upptäcka, huruvida min tråd var fri från magnetisk metall eller icke.

Sauerwalds tråd attraherades starkt af magneten; Beckers likaså, men i mycket mindre grad.

Båda trådarne voro öfverspunna med grönt silke; jag tog bort det, men Berliner-tråden attraherades ändå; den engelska tråden deremot blef, i sitt nakna tillstånd, svagt *repellerad;* den var rigtigt diamagnetisk och innehöll intet märkbart spår af jern. Hela feletlåg alltså hos det gröna silket; något jernhaltigt ämne hade användts vid dess färgning, och deraf berodde nålens afvikelse från nollpunkten.

Jag lät borttaga det gröna öfverdraget och öfverspinna tråden med hvitt silke, hvilket arbete emedlertid måste verkställas med fullkomligt rena händer. Ett fullkomligt instrument är resultatet; då nålen befrias från strömmens inverkan, inställer den sig precis på noll, och tråden utöfvar ej på den det ringaste magnetiska inflytande. I sjelfva verket hade vi alltså hjelpmedlet omedelbart till hands, under det vi funderade på agatskifvor och andra lärda metoder. Om vi framdeles utsöka vår koppartråd förmedelst magneten, skall det ej möta vidare svårigheter att få den fullkomligt ren i magnetiskt hänseende.

KAP. II.

Värmets väsende. — Den materialistiska och den dynamiska teorien. — Termiska verkningar af lufts rörelse. — Värme-utveckling genom en metallcylinders rotation mellan en magnets poler. — Värmets mekaniska eqvivalent; Mayers och Joules undersökningar. — Dess utveckling genom kastkroppars stöt. — Det värmebelopp, som skulle frambringas genom hejdandet af jordens rörelse. — Meteor-teorien för solens värme. — Om förbränningen, betraktad från den dynamiska teoriens synpunkt.

Under den sista föreläsningen visade jag genom åtskilliga försök, att värme utvecklas genom mekanisk kraft. Men fakta allena tillfredsställa oss ej; vi vilja ock lära känna deras orsaker; vi söka efter den princip, som ligger till grund för företeelserna. *Hvarför* uppkommer värme genom mekaniskt arbete, och hvad är väl detta värme till sitt egentliga väsende? Tvenne teorier hafva täflat om att besvara denna fråga, den *materialistiska* och den *dynamiska* eller *mekaniska*. Länge nog räknade den förra det största antalet anhängare; inom ett visst begränsadt område voro dess satser af en tilltalande enkelhet och klarhet, som tillvann densamma nästan allmänt bifall.

Denna teori anser värmet vara ett slags materia; ett fint fluidum, samladt i mellanrummen mellan kropparnes atomer. Gmelin t. ex. definierar i sin Handbok i Kemi, värmet såsom ”den substans, hvars inträde i våra kroppar förorsakar förnimmelsen af värme, och utträde förnimmelsen af köld.” Han talar om, huru det förenar sig med kroppar, likasom en vägbar låg alltså hos det gröna silket; något jernhaltigt ämne hade användts vid dess färgning, och deraf berodde nålens afvikelse från nollpunkten.

Jag lät borttaga det gröna öfverdraget och öfverspinna tråden med hvitt silke, hvilket arbete emedlertid måste verkställas med fullkomligt rena händer. Ett fullkomligt instrument är resultatet; då nålen befrias från strömmens inverkan, inställer den sig precis på noll, och tråden utöfvar ej på den det ringaste magnetiska inflytande. I sjelfva verket hade vi alltså hjelpmedlet omedelbart till hands, under det vi funderade på agatskifvor och andra lärda metoder. Om vi framdeles utsöka vår koppartråd förmedelst magneten, skall det ej möta vidare svårigheter att få den fullkomligt ren i magnetiskt hänseende.

KAP. II.

Värmets väsende. — Den materialistiska och den dynamiska teorien. — Termiska verkningar af lufts rörelse. — Värme-utveckling genom en metallcylinders rotation mellan en magnets poler. — Värmets mekaniska eqvivalent; Mayers och Joules undersökningar. — Dess utveckling genom kastkroppars stöt. — Det värmebelopp, som skulle frambringas genom hejdandet af jordens rörelse. — Meteor-teorien för solens värme. — Om förbränningen, betraktad från den dynamiska teoriens synpunkt.

Under den sista föreläsningen visade jag genom åtskilliga försök, att värme utvecklas genom mekanisk kraft. Men fakta allena tillfredsställa oss ej; vi vilja ock lära känna deras orsaker; vi söka efter den princip, som ligger till grund för företeelserna. *Hvarför* uppkommer värme genom mekaniskt arbete, och hvad är väl detta värme till sitt egentliga väsende? Tvenne teorier hafva täflat om att besvara denna fråga, den *materialistiska* och den *dynamiska* eller *mekaniska*. Länge nog räknade den förra det största antalet anhängare; inom ett visst begränsadt område voro dess satser af en tilltalande enkelhet och klarhet, som tillvann densamma nästan allmänt bifall.

Denna teori anser värmet vara ett slags materia; ett fint fluidum, samladt i mellanrummen mellan kropparnes atomer. Gmelin t. ex. definierar i sin Handbok i Kemi, värmet såsom ”den substans, hvars inträde i våra kroppar förorsakar förnimmelsen af värme, och utträde förnimmelsen af köld.” Han talar om, huru det förenar sig med kroppar, likasom en vägbarsubstans med en annan; och många andra framstående kemister behandla ämnet ur samma synpunkt.

Värmets utveckling genom mekanisk kraft beredde en stor svårighet för anhängarne af denna åsigt, såtillvida som dess daning på denna väg tycktes vara alldeles obegränsad; men de trodde sig likväl kunna finna en utväg på grund af det faktum (som längre fram skall utförligt behandlas), att olika kroppar ega helt olika förmåga att, så till sägandes, inrymma värme. Tag till exempel ett skålpund vatten och ett skålpund qvicksilfver, samt uppvärm hvardera från 20° till 60°; den mängd värme, som vattnet dertill kräfver, är fullt trettio gånger så stor, som qvicksilfret erfordrar. Tekniskt uttryckes detta ännu i dag dermed, att vattnet har en större *värme-kapacitet*Äfven: ”specifikt eller egentligt värme”. Se härom vidare kap. V. Ö. A. än qvicksilfret, och detta uttryck ”kapacitet” karakteriserar just deras uppfattning, hvilka använde det först. Vattnet ansågs ega förmågan att inhysa ”caloricum” eller värme-ämne; att absorbera och dölja det i sådan grad, att det erfordrades trettio mått af detta ämne att på vatten frambringa samma förnimbara verkan, som ett enda mått deraf frambragte på qvicksilfver.

Alla ämnen ega i högre eller lägre grad denna förmåga att inhysa värme. Bly till exempel eger den ock; och vårt experiment med blykulan (sid. 4), i hvilket värme frambragtes genom sammantryckning, förklarades af den materialistiska teoriens anhängare sålunda. Före sammanpressningen, sade de, hade blyet en större värme-kapacitet än efteråt; storleken af förrådsrummen mellan dess atomer förminskades genom trycket, och derför utkramades af pressen den del af det dolda värmet, som den hopklämda metallen ej längre kunde inrymma.

Försöken med friktion och stöt förklarades på liknande sätt. Att *nytt* värme kunde frambringas, var för materialismen en orimlighet; den mängd deraf, som en gång fanns i verlden, var lika oföränderlig som mängden af vanlig materia; det högsta, man genom mekaniska eller kemiska medel kunde åstadkomma, var att packa ihop det på något ställe eller ock drifva det ur dess gömställen fram i dagsljuset.

Den *dynamiska* eller, som den ock benämnes, den *mekaniska* teorien om värmet förnekar dess materialitet. Det är, säger den, en egenskap eller ett tillstånd hos materien; nemligen *en rörelse af dess minsta delar*. Redan den omedelbara betraktelsen af åtskilliga värme-fenomen leder ett tänkande sinne nästan instinktmessigt till denna slutsats; redan Baco var af dennaåsigt, och Locke uttryckte densamma på ett särdeles lyckligt sätt. ”Värme”, säger han, är en mycket liflig rörelse hos de minsta osynliga delarne af ett föremål, hvilken hos oss frambringar den förnimmelse, på grund hvaraf vi benämna föremålet varmt; så att det, som i vår förnimmelse är *värme*, är i föremålet intet annat än *rörelse*”.

Rumfords försök vid kanonborrningen har jag redan omtalat. Han visade, att de metallspån, som fallit från kanonen, ej förändrat sin värme-kapacitet; han samlade ihop alla de skärfvor och det stoft, som bildats vid metallens svarfning, vägde dem och frågade, om man då verkligen kunde tro, att hela den betydliga värmemängd, han utvecklat, hade blifvit utpressad ur denna lilla metallsmula. ”I hafven aldrig”, torde han hafva förebrått den gamla skolans anhängare, ”gjort Er mödan att undersöka, huruvida metallens värme-kapacitet verkligen förändrats det aldra ringaste genom friktionen. I ären qvicka nog att uttänka skäl för att rädda Er teori, men långsamma, när det gäller att undersöka, om ej dessa skäl endast äro fria fantasier af Er hjerna”. Teorier äro oumbärliga, men stundom verka de på själen som döfvande gifter. Somligt folk vänjer sig vid dem som vid alkohol och blir misslynt och förargadt, när detta stimulerande medel tages ifrån dem.

Just här framträder ett försök af Davy i sin fulla betydelse; han lyckades nemligen smälta is endast genom att gnida två stycken deraf mot hvarandra. Men för att förvandla detta fasta vatten till flytande fordras en högst betydlig värmemängd, och detta värme blir — såsom längre fram skall utförligare visas — så fullständigt absorberadt eller gjordt ”latent”, att det alls icke inverkar på en termometer. Hvarifrån kom då detta värme, när isen smältes genom gnidningen? En anhängare af den materialistiska åsigten skulle tvifvelsutan hafva svarat: ”Från en förändring af värme-kapaciteten; den är större hos isen än hos vattnet.” Men just detta står i rak strid mot verkliga förhållandet; det är tvärtom vattnets kapacitet, som är störst; den är nära dubbelt så stor som isens — och härmed äro materialisterna slagna i den sista af sina förskansningar.

Jag återvänder nu till våra försök. I hafven redan sett den verkan, som en mot den termo-elektriska stapelns sida rigtad ström af sammantryckt luft frambringar; instrumentet afkyles nemligen. Men nu veta vi ock, att värme frambringas genom lufts sammantryckning, och man har derför mer än en gång frågat mig: Hvart tog det värme vägen, som bildades vid luftens sammantryckning, näst förrän det ifrågavarande försöket anställdes? Svaret är rätt vigtigt. Antaget, att det i försöketanvända kärlet *v* (bild 4) bestode af ett ämne, som vore alldeles ogenomträngligt för värme; samt att alltså hela den värmemängd, som utvecklades af min arm vid luftens sammantryckning, vore qvar inom detta kärl — då skulle just *denna* mängd vara jemnt tillräcklig att omintetgöra, hvad som blifvit gjordt, tillräcklig att återföra den sammantryckta luften till dess ursprungliga volym och temperatur. Men ifrågavarande kärl *v* är alldeles icke ogenomträngligt, och det var ej heller min afsigt att begagna det värme, som af min arm utvecklades; efter sammantryckningen fick derför kärlet stå och afkylas, ända tills den inneslutna luftens temperatur blef lika med den yttres. När derföre denna luft strömmade ut, hade den ej mera qvar till sitt förfogande detta sammantryckningsvärme; det, som den ännu egde och af hvilket dess spänstighet härrörde, var blott tillräckligt att hålla den vid den omgifvande luftens temperatur. För att utföra sitt arbete måste den släppa till en deremot svarande mängd af detta värme, och dess temperatur föll alltså.

Jag skall nu riktigt visa Er, att värme utvecklas genom sammantryckning af luft. Här är en cylinder af starkt glas (bild 12), noggrannt borrad och fullkomligt glatt inuti. Deri passar en kolf lufttätt, så att genom dess nedtryckande blir den inneslutna luften kraftigt sammanpressad. Här är vidare en bomullstapp, fuktad med en brännbar vätska, kolsvafla; jag kastar in den i glascylindern och tar genast ut den igen. Den lemnar dervid qvar ett spår af ånga. Nu sammantrycker jag luften häftigt; det utvecklade värmet är tillräckligt att antända ångan, och I sen en lysande blixt inuti cylindern.

Det är för öfrigt ej nödvändigt att taga ut bomulln; jag lägger in den igen och nedtrycker kolfven; I sen blixten liksom förut. Blåser man för hvarje gång bort den rök, som bildas vid ångans förbränning, kan man, utan att

borttaga bomulln, göra om försöket nästan hur många gånger som helst.

Bild 12.

Den afkylande verkan, som en ström af sammantryckt luft utöfvar på den termo-elektriska stapeln, har jag redan en gång visat. Luftens afkylning genom sin egen mekaniska verksamhet kan äfven ådagaläggas på följande sätt. Här är ett rör af tenn, tillslutet i båda ändar och satt i förbindelse med en luftpump; det är för närvarande fullt af luft, och den termo-elektriska stapelns sida berör dess bugtiga yta. Galvanometern angifver värme; jag var beredd derpå, emedan jag hade skäl att tro, detluften inuti röret var något varmare än den yttre. Vi skola nu låta denna luft utföra ett arbete; vi skola sätta pumpen i gång; den tömmer pumpstöflarne, och tennrörets inneslutna luft drifves då genast ut i dessa genom sin egen spänstighet. Detta är det arbete, som den skall utföra, och så snart detta sker, skolen I få se, att galvanometernålen, som nu angifver värme, går ned till nollpunkten och derpå ända till 90° på den motsatta sidan. Nu bär det af, och I sen resultatet; nålen rör sig, som förutsagdt var, och dess utslag i köldrigtningen hämmas först genom dess stöt mot glimmerbladen.

Tre pumpslag voro tillräckliga att afkyla röret så mycket, att nålen gick till 90°Den i detta försök använda galvanometern var utomordentligt känslig.; den återvänder nu så småningom till nollpunkten. Vi hafva dock ej tid att vänta, tills den af sig sjelf hunnit dit; medan den ännu befinner sig ett godt stycke på köldsidan, öppnar jag denna kran; luften rusar in i röret igen, och dess atomer törna som projektiler mot insidan. Deras mekaniska rörelse upphäfves dervid, värme bildas, och detta värme är tillräckligt att upphetta röret så, att nålen genast går ned till 0° och ett godt stycke upp på andra sidanI detta försök var, såsom redan är antydt, rörets bugtiga yta endast längsefter en linie i beröring med stapeln, och värmet måste fortplanta sig från den inneslutna luften genom tennet för att verka på instrumentet..

Jag vill nu fästa Er uppmärksamhet på en vigtig omständighet, som står i sammanhang med denna luftens afkylning genom förtunning. På luftpumpens tallrik står en stor glasklocka *R*, ”recipienten” (bild 13), fylld med samma slags luft som detta rum. Densamma innehåller, likasom hvarje annan luft, som ej blifvit genom särskilda medel uttorkad, en del vattenånga, hvilken är såsom sådan fullkomligt osynlig. En viss värmegrad är nödvändig för att bibehålla ångan i detta tillstånd; afkyles luften derunder, kondenseras ångan ögonblickligen och bildar ett synligt moln eller töcken. Ett dylikt — hvilket, väl till märkandes, ej är *ånga*, utan *flytande vatten* i ytterst finfördeladt tillstånd — kommer att bilda sig inom glasklockan, då luften utpumpas derur; och för att göra detta fullt synligt för Er allesammans, äro åtta små gaslågor anordnade i en halfcirkel omkring klockan. Enhvar af Er kan se någon eller några af dessa lågor tvärsigenom glaset; och såsnart töcknet bildar sig, röjer den dunkelhet, som det förorsakar, genast dess närvaro. Nu pumpar jag hastigt, och någrafå slag äro tillräckliga att åstadkomma utfällningen. Ångan utbreder sig genom hela recipienten, och många bland Er varsna helt säkert ett färgskimmer i töcknet, när ljuset skiner derigenom, något liknande det, som vi stundom iakttaga i större skala rundtomkring månen. Släppes luft åter in i klockan, uppvärmes den likasom i vårt försök med tennröret, töcknet försvinner, och klockans inre blir åter fullkomligt genomskinligtJag har vid ett sednare tillfälle användt en bättre metod för att visa detsamma. Strålarne från ett elektriskt ljus samlades genom en lins till en konvergerande kägla, som sändes genom recipienten. Denna kägla var att börja med osynlig, men genom två eller tre pumpslag utfälldes ångan, och nu liknade strålarnes väg genom klockan en fast hvit kropp. Efter att hafva genomgått glaset föll ljuset på en hvit skärm och företedde vackra diffraktionsfärger, när molnet bildade sig..

Bild 13.

Davy talar i sin ”Chemical Philosophy” om en maskin vid Schemnitz i Ungern, hvari luft sammanpressades genom en 260 fot hög vattenpelare. När man öppnade en kran och lät denna luft utströmma, uppstod en sådan köld, att dess vattenånga ej blott kondenserades, utan tillochmed frös till snö och bildade ett riktigt litet yrväder, under det utströmningsöppningen kantades med ispiggar.

Och nu skall jag visa Er ett helt annat försök, i hvilket värme utvecklas genom en kraft, som torde komma att tyckas Er ganska hemlighetsfull, och om hvilken i sjelfva verket äfvenBild 14.

de mest underkunnige bland oss veta ganska litet: jag skall utveckla värme genom något, som väl må benämnas friktion mot den tomma rymden. Det är nemligen möjligt, ja tillochmed23

sannolikt, att här försiggår en friktion mot det ämne, som uppfyller hela verldsrymden, och med hvilket vi nog i sinom tid skola utförligare sysselsätta oss.

Här är ett stort jernstycke — en del af en länk af en väldig ankarketting — omviradt i många hvarf med en koppartråd CC (bild 14), hvilket kan i ett ögonblick förvandlas till en kraftig magnet, om man sänder en elektrisk ström genom tråden. I sen, huru stark dess dragning då blir; denna eldgaffel hakar sig fast dervid, och dessa filar, skrufvar och spikar fastna vid eldgaffeln. Vändes magneten upp och ned, kan den bära en trepundsvigt vid hvardera polen, och dertill åtskilliga af de tyngsta herrarne härinne, om de hade lust att hänga sig fast vid vigten. På ett tecken af mig skall min assistent afbryta den elektriska strömmen; dervid släpper jernet, och hela trolleriet försvinner; magneten är nu åter blott en vanlig jernbit. Jag lägger nu två andra jernstycken PP — rörliga poler, som man kallar dem — på magnetens ändar; de kunna, när strömmen är afbruten, föras huru nära hvarandra som helst. Går deremot strömmen fram genom tråden, bilda de sågodtsom verkliga delar af sjelfva magneten.

Mellan dem inför jag vidare ett stycke af ett ämne, på hvilket magneten, äfven när den är som starkast, ej förmår utöfva ringaste dragning, nemligen en större silfverslant, I sjelfva verket utöfvar magneten dock en helt liten verkan derpå — för liten visserligen att här kunna märkas — men den är frånstötande, i stället för tilldragande.

Jag hänger slanten mellan polerna PP och släpper den elektriska strömmen genom tråden. Slanten hänger der stilla, den hvarken attraheras eller repelleras; men försöker jag röra den, gör den ett märkbart motstånd. För att vrida den omkring måste man öfvervinna detta; det kännes, som om silfret vore omgifvet af en seg vätska.

Ett annat försök i samma väg! Här är en rätvinklig kopparskifva; jag för den fram och tillbaka som en såg mellan polerna PP, hvilkas spetsar nu är vända deremot; — det känns alldeles, som om man sågade genom smör eller ost, ehuru ingenting synes *). Intet dylikt förnimmes, när strömmen af brytes; kopparskifvan har då endast luftens oändligt ringa motstånd att öfvervinna.

Hittills hafven I måst tro mig på mina ord, men nu kommer ett experiment, som skall göra denna magnetens egendomliga verkan på silfret synbar för Er alla. Ofvanför slanten och

*) Detta fenomen observerades först af Faraday.förbunden dermed genom en metalltråd, sitter en liten reflekterande pyramid M (bild 14), bestående af fyra trekantiga spegelglasbitar; både slanten och reflektorn hänga på en hårdt tvinnad tråd, som snor upp sig sjelf, såsnart den tyngd, den uppbär, lemnas fri. En stark ljusstråle får falla på pyramiden; den reflekteras, och såsnart speglarne vrida sig, sen I dessa långa ljusstrimmor röra sig genom den dammiga luften härinne.

Yi låta denna rörelse långsamt begynna. Ljusstrålen går genom rummet och faller på dess hvita vägg. Börjar reflektorn vrida sig, börjar ock ljusfläcken att — ännu helt långsamt — vandra kring väggarne. Men dess hastighet ökas, och nu kunnen I ej längre se någon begränsad fläck, utan i dess ställe ett sammanhängande ljusband af öfver tjugu fots diameter rundtomkring rummet. På ett tecken af mig framsläppes nu den elektriska strömmen. I sen resultatet: silfverslanten har genom magnetens verkan blifvit liksom träffad af blixten; bandet försvinner plötsligt, och I sen liksom förut blott en hvit fläck på väggen. Märken, huru den dallrar; det är trådens torsion, som kämpar med den osynlige, hemlighetsfulle motståndaren och dervid frambringar denna rörelse. Det är samma slags strid, som om slanten blifvit plötsligt nedsänkt i sirap. Afbrytes åter strömmen, försvinner denna egendomliga seghet i trakten mellan magnetens poler; systemet börjar rotera som förut, ljusfläckens rörelse blir allt hastigare, och här hafva vi åter det lysande bandet. Ännu ett tecken af mig; ljusstrålarne stadna och bandet försvinner.

Med min hancls kraft kan jag öfvervinna detta motstånd och vrida slanten; men härtill åtgår ett visst arbete. Detta förvandlas till värme; vrides slanten med våld omkring, blir den upphettad. Många bland Er torde känna till Faradays stora upptäckt, att elektriska strömmar utvecklas, om en elektrisk ledare sättes i rörelse mellan en magnets poler. Här hafva vi dessa strömmar, och de äro mägtiga att uppvärma metallen. Men hvad äro de i sig

sjelfva? I hvilken relation stå de till detta rum mellan de magnetiska polerna och till den muskelstyrka, som förbrukas till deras utvecklande? Vi veta det icke ännu, men skola tvifvelsutan småningom erfara det. Det förminskar ej det ringaste intresset af det nu ifrågavarande försöket, att min arms muskelkraft uppträder, innan den blir värme, förut i en annan form — i form af elektricitet. Resultatet blir i alla fall detsamma; det tillsist frambragta värmet är noga eqvivalent med den kraft, som användes till att röra metallen inom det magnetiska området.25

Jag vill nu visa Er alla denna värme-utveckling. Här axen massiv cylinder, hvars kärna består af en lättsmält metalllegering *), omgifven af ett rör af koppar. Denna cylinder ställes mellan magnetens koniska poler PP (bild 15) och förbindes medelst snöret SS med

en rotations-apparat, hvarigenom den kan hastigt kringsnurras. Sker detta utan att magneten är verksam, utvecklas ingen värme alls; men framsläppes samtidigt den elektriska strömmen, upphettas cylindern så starkt, att dess kärna smälter. Två minuter skola räcka till för experimentet. Nu roterar cylindern och är öppen i sin öfre ända; den må så förblifva, tills den smältande metallen börjar stänka ut. Der äro redan de första dropparne, ehuru ännu ej en hel minut förflutit; jag afbryter kringvridningen ett ögonblick för att sätta en kork i röret, och fortsätter den derpå åter en half minut. Hela kärnan är nu flytande; jag tar cylindern ur apparaten, drar ut korken och häller här ut den smälta massan framför Er **).

Det är nu på tiden att, noggrannare än vi hittills gjort, undersöka förhållandet mellan det värme, som utvecklas genom mekanisk verksamhet, och den kraft, som dertill förbrukas. Föreställningen om tillvaron af ett sådant förhållande föresväfvade tvifvelsutan mången, långt innan det bestämdt uttalades eller bevisades genom försök. Redan den bekante Montgolfier sysselsatte sig med denna tanke, och den utvecklades af hans brorson Séguin i ett arbete "Om jernvägarnes inflytande" (1839). De som studera vitala processer — förändringar, som försiggå inom djurkroppen — och förhållandet mellan näringens styrka och muskelstyrkan, föranledas deraf lätt att tänka sig ett samband mellan dessa krafter. Det är derför ej underligt, att en läkare var en bland de förste, om ej den förste, som utvecklade tanken om en eqvivalens mellan värme och mekanisk kraft, samt

*) Man kan, genom blandning af bly, tenn och vismut i vissa förhållanden, erhålla dylika legeringar, hvilka smälta redan under 100°, ehuru de särskilda ingrediensernas smältningstemperaturer äro vida högre. Ö. A.

**) Att värme utvecklas, om en elektrisk ledare får sålunda rotera mellan en magnets poler, visades först af Joule (Phil. Mag. vol. XXIII, Ser. III, 1843, sid. 355, 439); och Foucault har sedermera gifvit hans försök en särdeles anslående form.

Bild 15.26

om naturkrafternas ömsesidiga förvandlingar i allmänhet, till verkligt vetenskaplig klarhet. Dr. Mayer i Heilbronn angaf år 1842 °det noggranna förhållandet mellan värme och arbete*); han beräknade "värmets mekaniska eqvivalent" och utförde, såsom det framdeles skall visas, principen i dess konseqvenser. Men Mayers teoretiska betraktelser kräfde experimentel bekräftelse, och Joule i Manchester har äran af att först hafva lemnat ett afgörande bevis för den dynamiska teoriens sanning**). Alldeles oberoende af Mayer, och utan att låta sig afskräckas af den likgiltighet, hans arbeten i början rönte, fortsatte han under flere år sina bemödanden att bevisa oföränderligheten af det ifrågavarande förhållandet. Han hällde vatten i ett lämpligt kärl, omrörde det medelst skofvelhjul och bestämde derefter såväl uppvärmningens belopp, som den arbetsmängd, hvilken åtgått till vätskans omrörande. Samma försök gjorde han med qvicksilfver och spermaceti-olja. Han lät jernskifvor gnida mot hvarandra och uppmätte såväl den värmemängd, som utvecklats genom friktionen, som den kraft, hvilken åtgått till dess öfver-vinnande. Han pressade vatten genom hårfina rör och bestämde det värme, som utvecklats genom dess gnidning mot rörens väggar. Och hans försök lemna ej en skymt af tvifvel öfrig derom, att under alla omständigheter är den absoluta värmemängd, som utvecklas af ett visst belopp af arbetskraft, oför-änderligen densamma — vare sig att denna kraft användts till jernskifvors friktion mot hvarandra, eller till omrörande af vatten, qvicksilfver eller olja. Deremot kunna de ifrågavarande kropparnes temperaturer vid försökens slut vara betydligt olika inbördes; vattnets t. ex. blir, under i öfrigt samma omständigheter, endast JB af qvicksilfrets,

eftersom ju dess värme-kapaci-tet är 30 gånger större än det sednares.

På detta sätt bevisades det, att den värmemängd, som erfordras för att höja temperaturen hos ett skålpund vatten en

*) Liebigs Annalen, vol. XLII, s. 233; Pliil. Mag. Ser. 4, vol. XXIV, s. 371; och i resumé, Phil. Mag. vol. XXV, s. 378. Jag har att tacka Sir C. Wheatstone för kännedomen om en sällsynt och märkvärdig bok af G. Bebenstein, med titeln: "Vår tids framsteg. Värme-utveckling utan eld; eller beskrifning på en mekanisk pröcess, grundad på matematiska och fysikaliska bevis, genom hvilken värme kan utdragas ur atmosfärisk luft och starkt koncentreras. Det billigaste surrogat för bränsle . Rebenstein härleder ur Dulongs försök den värmemängd, som utvecklas vid en gas' sammantryckning. Någon aning om den mekaniska värmeteorien spåras emedlertid icke i hans bok; lians värme ar materia (Wärmestoff'), som utpressas ur luften liksom vatten ur en svamp.

**)PhiL Aug. 1863. Joules försök verkställdes under åren 1843-9.27

A vi benämna den här alltjemt en "värme-enhet" — är

fika mTd den som utvecklas af en vigt om ett skålpund nar denna faller från en höjd af 1426 fot till jorden Och om-St är en värme-enhet, om den användes mekamskt tükack^

2 att lyfta ett skålpund 1426 fot högt, eller ock ™

fot Man har infört benämningen "skålpundfot" for att hel kort beteckna det arbete, som erfordras för att lyfta en vigt af ett skålpund , till en fots höjd, och uttrycker nämnda resultat helt kort dermed, att "1426 skålpundfot utgöra värmets mekaniska eqvivalent *)".

För att riktigt förtydliga för Er den vàrme-eflekt, som utvecklas af en fallande kropp, skall jag nu låta en blykula falla ned från taket i detta rum till golfvet. Att kulan är i detta ögonblick något kallare än luften härinne, visas lätt genom att beröra stapeln dermed; galvanometernålens utslag angifver köld. På golfvet ligger en jernskifva för att mottaga stöten; äfven den är något kallare än luften. I öfre våningen står min assistent och hissar upp kulan efter hvarje fall medelst detta snöre; han skall hvarken sjelf röra den eller låta den komma i beröring med någonting annat. Nu slår kulan ned på jernskifvan. En enda stöt. utvecklar naturligtvis högst obetydligt värme, eftersom höjden är så liten; vi låta derföre kulan hissas upp igen och falla 3 eller 4 gånger å rad. Detta var nu den fjerde stöten. Jag berör åter stapeln med kulan, och nålens utslå

2 i

*) Är 1843 inlemnades till Videnskabernes Selskab i Köpenhamn en afhandling af en dansk naturforskare Uolding. Redan vid denna tid sökte han att bestämma den värmemängd, som utvecklades genom åtskilliga metallers friktion mot hvarandra eller mot andra kroppar, samt det belopp af mekaniskt arbete, som åtgick för dess frambringande. I en, af honom sjelf meddelad, redogörelse för dessa undersökningar (Phil. Mag. vol. XXVII, s. 56) angifver han såsom resultat af sina nära 200 försök, att den utvecklade värraemängden alltid är proportionel mot det förlorade arbetet. Han fann den ofvannämnda ekvivalenten vara 1179 skålpundfot. Colding utgår från den grundsats, att som naturkrafterna äro andliga och immateriela, — väsen, om hvilka vi erhalla kunskap endast genom deras herravälde öfrer naturen — måste de vara öfverlägsna allt materielt i verlden: och som

MA? nTl1'-, ' att d? endast är &enom dem, som den visdom, vi skada och beundra i naturen, uttrycker sig, måste dessa makter uppenbarligen sta i något samband med sjelfva den andlig immateriela

Mt"melÄelfallÄ SOm .st-we>- hela naturen i dfss XckUnL °,,m sf. al fallet, kunna vi omöjligen tänka oss des*a kräftor ^

PÄSIÄ^-H11^ ,uåste betraktas som nå-

kuLtion af ingentin^ miüdre än"^ att T"

asfi sé sr- sä28

motsatt rigtning mot nyss angifver, att blyet blifvit varmt; detta värme härrör helt och hållet af förstöringen af den mekaniska kraft, som kulan egde i det ögonblick, den träffade jernskifvan; dess rörelse såsom fortskridande massa har förvandlats till den rörelse hos massans atomer, som vi kalla värme.

Vi kunna mycket lätt beräkna det värmebelopp, som utvecklades i detta försök. Hade kulan fallit 1426 fot, skulle dess temperatur hafva stigit 30°, ty dess värmekapacitet är blott Jg af vattnets, och det då erhållna värmet skulle ju hafva höjt temperaturen hos en med kulans lika stor vigt vatten en enda grad. Men den sträcka, som i hvarje fall tillryggalades, var här blott 26 fot, d. v. s. ungefär A af 1426. Det utvecklade värmet är proportionel mot fallhöjden, alltså höjes kulans temperatur i hvarje fall med ff grader, och följaktligen med fyra gånger detta belopp, då försöket fyra gånger upprepas. Det är dock väl att märka, att icke allt det ifrågavarande värmet samlar sig i kulan; en del deraf upptages naturligtvis ock af jernskifvan.

Det säger sig sjelft, att förstöringen af hvarje slags rörelse frambringar värme, äfven om rörelsen förorsakats af en annan kraft än tyngden. En bösskula t. ex., som slår mot taflan, upphettas betydligt af stöten. Med kännedom om värmets ofvan anförda eqvivalent, äro vi i stånd att beräkna graden af denna upphettning, om kulans hastighet är bekant. Detta är emedlertid en punkt, som förtjenar hela vår uppmärksamhet, och jag vill behandla den utförligt för deras skull, som ej äro hemmastadda i de första grunderna af mekaniken. Klart är, att ju större den höjd är, från hvilken en kropp faller, desto större blir ock den kraft, med hvilken den slår mot marken; och detta beror naturligtvis af den större hastighet, som den större fallhöjden förorsakar. Men denna hastighet är ej proportionel mot fallhöjden. Blir den sednare 4-dubblad, blir hastigheten endast fördubblad; mot en 16, 25, 36, o. s. v. gånger större höjd svarar en, respektive, 4, 5, 6 o. s. v. gånger större hastighet. Eller i allmänhet: Höjden är proportionel mot qvadraten på hastigheten.

Men det värme, som utvecklas genom den fallande kroppens stöt, växer, såsom ofvan sagdt är, i samma förhållande som fallhöjden; alltså är värmebeloppet proportionell mot qvadraten på hastigheten.

Om således en projektils fart fördubblas, blir det värme, som frambringas genom fartens upphäfvande, 4-dubbladt. Mot en à, 4, J gånger större hastighet svarar en 9, 16, 25 gånger större värmemängd.29

Den hastighet, tyngdkraften meddelar en kropp, som faller från en höjd af 1426 fot, är i rundt tal 306 fot. Fem gånger denna hastighet, d. v. s. 1530 fot i sekunden, kan väl ett tidsenligt skjutgevär bibringa kulan.

Men en blykula, som rör sig med 306 fots hastighet, skulle ju, om dess rörelse hejdades, och allt det deraf utvecklade värmet samlades i kulan, få sin temperatur förhöjd med 30°; en fem gånger så stor hastighet skulle generera 25 gånger så mycket värme, och genom slaget mot skifvan skulle alltså vår kula, under samma förutsättning, upphettas 25 . 30 eller 750°. En sådan värmemängd vore mer än tillräcklig att smälta den. Vore den deremot af jern i stället för af bly, skulle dess tem-peraturförliöjning blifva blott -J- så stor, emedan jernets värmekapacitet är 3 gånger så stor som blyets.

På sätt jag nu visat, kunna vi med kännedom om en projektils vigt och hastighet utan svårighet beräkna den värmemängd, som skulle bildas genom förstöring af dess rörelsekraft. Då vi nu till exempel verkligen känna jordklotets vigt och den fart, hvarmed det ilar fram genom rymden, kunna vi beräkna, huru mycket värme skulle bildas, om detta ofantliga klot sloge mot en skifva, nog stadig att hejda dess lopp; och det antal grader, hvarmed detta värme skulle höja temperaturen hos ett klot af vatten, lika stort som jorden. Mayer och Helmholtz hafva verkställt denna beräkning och funnit, att den ifrågavarande värmemängden skulle vara tillräcklig att ej blott smälta hela jorden, utan äfven förvandla en stor del deraf till gasform; den skulle vara lika med den, som erhölles genom, förbränning af fjorton hela jordklot af kol. Och om vår verldskropp, efter att sålunda hafva hejdats i sin framåtskridande rörelse, skulle — hvad som väl ej kunde undvikas — falla in i solen, skulle genom sammanstötningen alstras en lika stor värmemängd som genom förbränning af 5600 dylika kolklot.

På grund af de vetenskapliga rön, jag nu meddelat Er, hafva flere naturforskare, som sysselsatt sig med frågan om, liuru solens ljus och värme kan, oaktadt den ständiga utstrålningen, bibehållas, föranledts att söka orsaken dertill i en skur af meteorstenar, som skulle ständigt nedstörta på denna verldskropp *). De hafva uttalat den

förmodan, att zodiakalljuset är en sky af dylika meteoriter, från hvilken detta regn kommer.

*) Mayer framställde och utvecklade denna hypotes år 1848. Oberoende af honom uppträdde sedermera i samma rigtning Waterston och W. Thomson (Transactions of the Royal Soc. of Edinb., 1854). Se vidare härom kap. XIV.30

Huru än i verkligheten härmed må förhålla sig, är det väl beaktansvärdt, att ett dylikt meteorstensfall skulle vara tillräckligt att underhålla solens utstrålning. Vid ett annat tillfälle skall jag fullständigare utveckla denna teori, om hvars sannolikhet i och för sig jag ej behöfver uttala någon egen åsigt.

Låtom oss nu öfvergå från solen till någonting mindre — till naturens motsatta pol, att så säga. Härvid framträder i sin fulla betydelse denna menniskoförståndets gudomliga makt; för det betyder den blotta storleken intet, lagen allt. Vår teori gäller ej blott för solar och planeter, utan ock för atomer.

De fleste bland Er känna diamantens vetenskapliga historia; känna, att redan Newton, med sitt snille anticiperande den nyare kemiens upptäckter, förklarade densamma vara en brännbar kropp. I våra dagar vet enhvar, att den strålande ädelstenen består af samma ämne som simpelt träkol, grafit eller blyerts. Diamanten är rent kol, och kol brinner i syrgas. Här är en diamant, fästad i en ögla af platinatråd; jag upphettar den till glödning i denna låga och sticker in den i en flaska, full med syrgas. Sen hur den lyser vid inträdet i gasen, och nu glöder den som en liten stjerna med ett rent hvitt ljus. Huru hafva vi att föreställa oss den verksamhet, som nu pågår? Just så, som I skullen föreställa Er den der skuren af meteoriter, som störtade ned på solen. I sjelfva verket äro båda förloppen desamma, och förståndet fattar det ena lika lätt som det andra. Det är nu syrgasens atomer, som hagla ned på diamanten från alla sidor. De dragas dit af hvad man kallar kemisk förvandt-skap; men »denna kraft är i grunden intet annat än en ren attraktion; den är, om jag så får uttrycka mig, af samma mekaniska beskaffenhet som tyngdkraften. Då syrgas-atomen träffar diamantens yta och får sin fortskridande rörelse upphäfd genom stöten, antager den i stället den slags rörelse, som vi kalla värme; och detta värme är så intensivt, den dragningskraft, som verkar inom dessa molekular-afstånd, så kraftig, att ädelstenen blir hvitglödande, och den förening, som bildas af dess atomer och syrgasens, flyger bort som kolsyra.

Vi öfvergå från diamanten till en vanlig låga. Här sen I en lång och smal gasflamma uppstiga ur en brännare. Huru är den sammansatt? Innerst hafva vi en ännu oantänd kärna af gas, utanför är luftens syre. Ytan af denna gaskärna är i beröring med luften, och just här är det, som atomerna slå tillsammans och frambringa värme och ljus genom hopstötningen. Men sjelfva anordningen af lågan förtjenar vår synnerliga uppmärksamhet; för kännedomen derom hafva vi att tacka en af Davys vackraste undersökningar. Vår vanliga lysgas är ett31

kolväte, en kemisk förening af de två nämnda enkla kropparne. Ur denna genomskinliga gas afskiljer sig sot, när dess förbränning sker ofullständigt; detta sot finnes der äfven nu, men förbundet med vätgasen och derigenom osynligt. Här hafva vi en yta af den sammansatta gasen i beröring med luften; vi upphetta denna yta med en tändsticka, och de inbördes attraktionerna blifva derigenom så förökade, att gasen fattar eld. Syret har att välja mellan de två ledamöterna och sluter sig naturligtvis först till den, till hvilken det har största attraktion: det förenar sig alltså först med vätgasen och gör kolet fritt. Oräkneliga partiklar af detta frigjorda kol sväfva nu i den heta vätgasen och upphettas deraf till stark hvitglödning; af dem beror i främsta rummet lågans ljus. I sinom tid förenar sig emedlertid äfven detta kol med syret och blir, eller borde åtminstone (nemligen om lufttillgången är tillräcklig) bli kolsyra; detta försiggår i lågans yttersta, jemförelsevis föga lysande skal.

Ett vax-, stearin- eller talg-ljus' förbränning sker i hufvudsak på samma sätt som en gasströms. Här är ett dylikt (bild 16); Ni antänder dess veke, den brinner och uppsmälter talgen ne-dantill; denna vätska uppsuges genom vekens kapillär-attraktion och förvandlas af hettan till en ånga, som ingenting annat är än kolväte, d. v. s. just detsamma som lysgasen. Äfven här har Ni alltså en ännu oantänd gas inuti och luft utanför; mellan båda är ett skal, som bildar just sjelfva slagfältet för de sammanstötande atomerna, den trakt, der de utveckla värme och ljus. Det finnes i mina ögon knappast någonting vackrare än ett brinnande ljus; detta lilla bäcken vid foten af veken, till en del fyldt med smält materia, vätskans uppsugning och förfiygtigande, lågans sammansättning, dess långsmala spetsiga form och de konvergerande luftström-marne, som tillföra den näring. Dess skönhet, glans och

rörlighet hafva sedan gammalt varit en anledning till, att man med förkärlek användt det såsom en andens symbol; och den detaljerade undersökning deraf, som Davy verkställt,

Bild 16.32

har ingalunda minskat det nöje, vi hafva af dess betraktande; den har tvärtom gjort det ännu mer än förr till föremål för vår beundran.

I kunnen nu göra Er en fullt klar föreställning om ljuslågans sammansättning och byggnad; I kunnen se den inre kärnan och det brinnande skalet deromkring. Från den förra genom det sednare går ljusets materia i en oafbruten ström ut till den omgifvande luften. Skalet bildar en ihålig brinnande kägla; tanken Er denna kägla skuren af ett vågrätt plan, så skall snittet bilda en brinnande ring. Vi kunna verkställa denna skärning; jag sätter liär ett pappersblad vågrätt ned på ljuset,

ända tills det nästan vidrör veken. Sen nu papperets öfre yta; det är koladt — men liuru? I en ring (bild 17), motsvarande ljusets brinnande ring. Derinom är papperet oskadadt, ty der har det träffats endast af den ännu oantända och svala kärnan. En gaslåga skulle frambringa samma verkan.

Af det fasta kolets närvaro i lågan beror, som sagdt, dess ljusstyrka i främsta rummet. Men dessa kolpartiklars tillvaro såsom sådana, d. v. s. i fritt tillstånd, förutsätter, att ingen syrgas finnes tillhands på stället att lägga beslag på dem. Funnes tillräckligt syre der i det ögonblick, då de frigjordes från vätet, skulle det genast vara slut med deras frihet och dermed äfven med största delen af lågans ljus. Vi kunna åstadkomma detta genom att blanda en tillräcklig mängd luft med gasen, just i det ögonblick den utströmmar ur röret, och sålunda låta syret intränga i sjelfva det innersta af lågan.

Bunsen har uppfunnit en särskild slags gasbrännare just för detta ändamål. Bild 18 föreställer en form deraf, dels i vanlig storlek, dels i mindre skala; gasen inträder genom det vågräta, på sidan anbragta röret i rummet ss, blandar sig der med luft, som inströmmar genom de stora sidoöppningarne, och uppstiger derpå genom röret aa, vid hvars mynning den antändes (d är en rosettformig brännare, som påsättes ofvantill endast för att, om så behöfves, ändra lågans gestalt). Jag antänder blandningen; lågan är mycket het*), men utbreder nästan intet ljus. Men tillslutas öppningarne vid s, så afstänges dermed luftens tillträde till lågans inre, och denna blir straxt

Bild 17.

*) Nemligen för en kropp, som hålles inne i sjelfva lågan; ingalunda för den, som utsättes blott för dess strålar.33

Bild 18.

lysande; vi hafva åter som vanligt en kärna af oantänd gas, omgifven af ett brinnande skal.

En gas' lyskraft kan i sjelfva verket uppmätas af den luftmängd, som erfordras för att förhindra de fasta kolpartiklarnes utfällande; ju rikare gasen är, desto mera luft erfordras för ändamålet.

En intressant iakttagelse i samma väg kan man hvar blåsig Lördagsafton göra på Londons gator, om man beaktar det plötsliga och nästan fullständiga utsläckandet af de stora gaslågorna, som äro anbragta isynnerhet i slagtarbutikerna. När vinden blåser, indrifves nemligen syrgasen mekaniskt ända in i lågan, och genast förvandlas dennas hvita ljus till ett spöklikt blekt, blåaktigt sken. Vid festliga illuminationer i blåsväder kan man ofta nog iakttaga detsamma; här, likasom vid den I!unsen'ska brännaren, beror ljusets försvagande på den häftigt tillstörtande syrgasen, som ögonblickligt uppfräter flammans fria kolpartiklar.

Att bestämma det inflytande, som höjden öfver jordytan kunde utöfva på förbränningens hastighet, var ett af de problem, för hvilkas lösning jag år 1859 företog en resa till Alperna. Till lycka för vetenskapen erhöll jag Dr Frankland till följeslagare och deltagare i dessa undersökningar. Vår plan derför var följande: vi köpte i Chamouny sex stearinljus och vägde dem noggrannt; de fingo derpå brinna en timme i Hotel de rUnion, hvarefter vigtsförlusten bestämdes. Derpå togo vi dem upp på Montblanc och läto dem, morgonen den 21 Augusti 1859,

.brinna lika lång tid i ett tält, som fullkomligt skyddade dem för blåsten. Den anblick, som de sex lågorna på denna höjd företedde, öfverraskade oss båda; de sågo just ut som vålnaderna af de flammor, hvilka samma sex ljus frambragt nere i Chamouny — matta och bleka, tycktes de vittna om en högst betydligt minskad förbrännings-energi. Men när vi efter hemkomsten åter noggrannt vägde ljusen, yppade sig det högst öfverraskande förhållande, att så godt som alldeles samma mängd stearin hade åtgått deruppe på berget, som förut nere i dalen. Ehuru således lågans ljusstyrka var så utomordentligt förminskad, var förbränningen lika kraftig vid det ena, som vid det andra tillfället. Detta märkliga resultat måste hufvudsakligen tillskrifvas luftens rörlighet på denna betydliga höjd; syrgas-partiklarne kunna med större lätthet intränga i lågan och förstöra dess ljus; deras snabbhet ersätter förminskningen i deras antal. I sjelfva verket har jag ock funnit, att man, genom att minska den atmosferiska luftens täthet till hälften af dess vanliga, kan nära nog fördubbla dess atomers rörlighet.

Dr Frankland har *) användt dessa experiment till utgångspunkt för en mycket intressant undersökning. Han har visat, att den mängd brännmaterial, som inom en viss tid uppfrätes, är oberoende af luftens täthet, äfven om denna förändras ganska betydligt; och orsaken härtill är den, att ehuru man genom luftens sammantryckning visserligen ökar antalet af de aktiva syrgaspartiklar, som komma i beröring med lågan, förminskar man å andra sidan deras rörlighet och saktar sålunda förbränningen. När ett öfverskott af luft omgifver lågan, verkar detta dessutom afkylande och fördröjer sålunda de fasta kolpartik-larnes förbränning. Ett bland de märkvärdigaste resultat, hvartill Dr F. sålunda kommit, är att en spritlampas bleka och rökfria låga kan, genom att omgifvas med förtätad luft, göras lika lysande som en vanlig gaslåga och, om förtätningen drifves tillräckligt långt, tillochmed rökig och sotande, i det nemligen den omgifvande syrgasen är för långsam i sin rörelse för att åstadkomma kolets fullständiga förbränning.

Men vi återvända till vår allmänna förbränningsteori. Strör jag jernfilspån i den Bunsen'ska gasbrännarens låga, sen I stjernlika gnistor, som uppkomma genom jernets förbränning. Metallen upphettas först; dragningskraften mellan dess atomer och luftens syrgas' blir tillräcklig att förena dem med hvarandra, och dessa stjernlika flammor äro resultaten af atomernas sammanstötning. Brännes svafvel eller fosfor i syrgas eller i vanlig

*) Philosophical Transactions för år 1861.35

luft, är det likaledes denna sammanstötning, som frambringar ljus och värme. Det är kollisionen mellan klor och antimon, som förorsakar ett ljusfenomen, när dessa ämnen blandas tillsammans; det är koppar- och svafvel-atomernas inbördes stöt, som frambringar glödhetta, om båda kropparne upphettas i fint-fördeladt. tillstånd tillsammans i en glaskolf. Och med ett ord: hvarje förbränning uppkommer genom förvandling af atomernas rörelse, när de af sin inbördes dragningskraft våldsamt drifvas mot hvarandra.

KAP. III.

Kroppars utvidgning genom värme; materiens fasta, flytande och gasformiga tillstånd. — Hypoteser om gas-tillståndet. — Utvidgnings-koefficienten. •— En gas' upphettning under konstant tryck och vid konstant volym. — Mayers beräkning af värmets mekaniska eqvivalent. — Gasers utvidgning utan afkylning. — Temperaturens absoluta nollpunkt. — Flytande och fasta kroppars utvidgning; vattnets afvikelse från den allmänna regeln. — Kri-stallisations-kraftens styrka. — Kautschukens sammandragning vid upphettning. Bihang: Utvidgningen genom värme.

Då vi första gången råkades här, lät jag en slägga falla ned på ett stycke bly, och detta befanns sedermera vara upphettadt genom slaget. I fordna dagar ansåg man, att släggans kraft hade helt enkelt gått förlorad vid sammanstötningen; endast i fråga om elastiska kroppar ansågs en del af kraften hafva bevarats genom elasticiteten, som åter uppkastade den fallande kroppen ett stycke; men vid oelastiska kroppars sammanstötning tillintetgjordes, så tog man för gifvet, hela kraften. Enligt hvad vi nu veta, var detta ett väsentligt misstag; numera medgifva vi icke någon tillintetgörelse alls, utan anse, att nälden fallande hammarens rörelse upphör, är detta blott en förvandling; att massans rörelse såsom ett helt har ombildats till och öfvergått i dess atomers

rörelse. Denna sistnämnda, hur intensiv den än må vara, försiggår emedlertid inom allt för trånga gränser, och de rörliga partiklarne äro alltför små, för

luft, är det likaledes denna sammanstötning, som frambringar ljus och värme. Det är kollisionen mellan klor och antimon, som förorsakar ett ljusfenomen, när dessa ämnen blandas tillsammans; det är koppar- och svafvel-atomernas inbördes stöt, som frambringar glödhetta, om båda kropparne upphettas i fint-fördeladt. tillstånd tillsammans i en glaskolf. Och med ett ord: hvarje förbränning uppkommer genom förvandling af atomernas rörelse, när de af sin inbördes dragningskraft våldsamt drifvas mot hvarandra.

KAP. III.

Kroppars utvidgning genom värme; materiens fasta, flytande och gasformiga tillstånd. — Hypoteser om gas-tillståndet. — Utvidgnings-koefficienten. •— En gas' upphettning under konstant tryck och vid konstant volym. — Mayers beräkning af värmets mekaniska eqvivalent. — Gasers utvidgning utan afkylning. — Temperaturens absoluta nollpunkt. — Flytande och fasta kroppars utvidgning; vattnets afvikelse från den allmänna regeln. — Kri-stallisations-kraftens styrka. — Kautschukens sammandragning vid upphettning. Bihang: Utvidgningen genom värme.

Då vi första gången råkades här, lät jag en slägga falla ned på ett stycke bly, och detta befanns sedermera vara upphettadt genom slaget. I fordna dagar ansåg man, att släggans kraft hade helt enkelt gått förlorad vid sammanstötningen; endast i fråga om elastiska kroppar ansågs en del af kraften hafva bevarats genom elasticiteten, som åter uppkastade den fallande kroppen ett stycke; men vid oelastiska kroppars sammanstötning tillintetgjordes, så tog man för gifvet, hela kraften. Enligt hvad vi nu veta, var detta ett väsentligt misstag; numera medgifva vi icke någon tillintetgörelse alls, utan anse, att nälden fallande hammarens rörelse upphör, är detta blott en förvandling; att massans rörelse såsom ett helt har ombildats till och öfvergått i dess atomers
rörelse. Denna sistnämnda, hur intensiv den än må vara, försiggår emedlertid inom allt för trånga gränser, och de rörliga partiklarne äro alltför små, för

att vi skulle kunna se dem; det är tanke- och föreställningsförmågan, som härvidlag måste komma oss till hjelp.

Är det fråga om fasta kroppar, hvilkas molekuler stadigt sammanhållas af kohesionen, måsten I föreställa Er, att dessa likväl kunna dallra eller vibrera inom vissa gränser, att de kunna oscillera fram och tillbaka, och att, ju mera värme vi meddela kroppen eller ju större belopp af mekanisk kraft vi tillföra densamme medelst stöt, sammantryckning eller gnidning, desto större blir ock molekulernas hastighet och storleken af deras utslag.

Ingenting är nu naturligare, än att dessa sålunda vibrerande partiklar, hvilka tyckas alltjemt söka större utrymme för sin rörelse, skola tränga hvarandra åtskils och sålunda förorsaka en utvidgning af hela kroppen. Sådan är ock efter regeln följden af kroppars uppvärmning: deras volym ökas. I)e få skenbara undantag från denna regel, som förekomma, skola vi längre fram undersöka. Kohesionskraften håller alltså partiklarne tillsammans, värmet söker aflägsna dem från hvarandra; af striden mellan båda beror kroppens molekular-byggnad. Låt alltmera värme tillföras honom; hvarje förökning deraf drifver partiklarne längre från hvarandra; men kohesionen, liksom hvarje annan af oss känd art af kraft,, verkar allt svagare, i den mån mellanrummen ökas mellan de partiklar, i hvilka den har sitt säte. I den mån värmet tillväxer, blir alltså dess motståndare allt svagare, tills partiklarne omsider såtillvida befrias ur kohe-sionens fångenskap, att de kunna ej blott svänga fram och tillbaka å ömse sidor om ett visst läge, utan ock rulla eller glida omkring hvarandra. Ännu är kohesionen ej upphäfd, ty afstånden mellan molekulerna ändras ej utan motstånd, men den är såtillvida modifierad, att de kunna utföra sidorörelser öfver sina närmaste grannar. Detta är materiens flytande tillstånd.

I den flytande kroppens inre är nu hvarje atoms rörelse begränsad af de närmast omgifvande. Men fortsätta vi att tillföra värme, brista kohesionens sista fjättrar, och partiklarne flyga ifrån hvarandra under form af ångblåsor. Är derjemte någon af vätskans gränsytor fri, d. v. s. icke i beröring med någon fast eller flytande kropp, är det ju helt

naturligt, att några af de dallrande molekulerna vid denna yta skola slungas bort från vätskan och flyga med en viss hastighet genom rymden. Materien, sålunda befriad frän kohesionens inflytande, befinner sig i ång- eller gas-form.

Min mening är nu att göra Er förtrogna med begreppet om atomrörelse i allmänhet. Jag har talat om molekulernas vibration såsom orsak till kropparnes utvidgning; somlige hafva37

ock menat, att dessa partiklar kretsa eller rotera omkring hvarandra, samt att en förökning af kroppens värme ökar deras centrifugalkraft och sålunda drifver dem längre från hvarandra *). Vid denna spiralfjäder är en tyngd fästad; svänges den omkring i luften, sträfvar den att flyga bort, och fjädern sträckes till en viss längd; ju mer rotationshastigheten ökas, desto mer sträckes fjädern, och desto mer ökas afståndet mellan min hand och tyngden. Tänken Er rörelsen fortsatt, ända tills fjädern brister; tyngden flyger då bort längs tangenten till sin förra bana och gifver sålunda en — visserligen mycket grof — bild af en atom, frigjord genom värme från kohesionen. Ännu äro de skarpsinnigaste forskare ej fullt på det klara beträffande sjelfva beskaffenheten af värme-rörelsen; men hufvudsaken är för närvarande att betrakta värmet såsom en rörelse af vare sig det ena eller andra slaget, hvars verkliga natur framtida forskningar må mecl full noggrannhet utreda.

Den nyssnämnda hypotesen om en atomernas rotation kunna vi utsträcka äfven till gaserna och derür härleda deras egenskaper. Men jag framställde nyss en annan åsigt om gasmole-kulerna, hvilken i våra dagar försvaras med stort skarpsinne af sådana män som Joule, Krönig, Maxwell och Clausius; den åsigt nemligen, att dessa molekuler flyga i räta linier genom rymden. Man kan kalla den t r anslut ions-hy potesen i motsats till Davys rotations-hypotes. Enhvar vet, hur hastigt en doft från en välluktande kropp uppfyller ett rum, och detta faktum öfverensstämmer onekligen mycket väl med åsigten om en rätlinig ut-slungning af molekulerna. Det kan emedlertid bevisas, att om ifrågavarande teori vore sann, skulle dessa molekuler röra sig med en hastighet af flere hundra fot i sekunden, och härpå grundas det inkast, att dofterna borde sprida sig ojemförligt hastigare, än hvad händelsen verkligen är.

Svaret på detta inkast blir, att de välluktande partiklarne hafva att bana sig väg genom en trängsel af luft-atomer, med hvilka de oupphörligt stöta tillsammans. Det vägstycke, en 1110-lekul kan färdas i luften utan att stöta emot en luft-atom, är helt visst oändligt litet, och välluktens utbredning genom luften hindras sålunda högst betydligt af denna sjelf. Det är ju också väl bekant, att om en vätskas fria yta kommer i omedelbar beröring med ett tomrum, förvandlas den till ånga ojemförligt hastigare än om luft är tillstädes.

*) Detta var Davys hypotes. En matematisk "teori för mole-kular-hvirflar" framställdes af Eankine (Pliil. Magaz. 1851, vol. II, s. 509).38

Det är ej svårt att bestämma den medelhastighet, hvarmed de särskilda gasernas atomer röra sig enligt translations-hypo-tesen. Antagom, att vi hade en gas under en atmosfers tryck, d. v. s. af ungefär 21,5 skålpund på hvarje qvadrattum, innesluten i ett kubiskt kärl af en tums sida; ur gasens vigt kunna vi då beräkna den hastighet, hvarmed dess partiklar måste stöta mot kärlets väggar för att jemnt upp motverka det nämnda trycket. Uppenbarligen måste denna hastighet vara större, ju mindre gasens egentliga vigt är. Enligt Clausius (Phil. Mag. 1857, vol. XIV, s. 124) äro syrets, qväfvets och vätets atomers medelhastigheter vid fryspunkten

Syre...... 1554 fot i sekunden

Qväfve .... 1659 „ „

Väte......6210

Redan 1848 beräknade Joule på detta sätt väte-atomernas hastighet och fann den vara 6216 fot i sekunden.

Enligt denna hypotes hafva vi alltså att föreställa oss en gasformig kropp såsom en sådan, hvars molekuler flyga i rätliniga banor genom rymden och dervid liksom små projektiler stöta dels mot hvarandra, dels mot gränsytorna af det rum, de uppfylla. Se här en blåsa, till hälften fylld med luft; jag lägger den under en luftpumps recipient och pumpar ut luften ur denna sednare. Blåsan sväller lit; dess inneslutna luft tyckes nu fylla den helt och hållet;

dess veck och skrynklor utplånas. Hvarför? Eldigt vår teori derföre, att de atomiska projektilerna stöta emot dess inre yta och drifva omhöljet utåt, ända tills dettas spänning förmår täfla med deras anfallskraft. När luft åter insläppes i recipienten, skrymper blåsan åter tillhopa till sin förra storlek; här måste vi föreställa oss de yttre atomerna stormande mot omhöljet och drifvande det inåt, samt tvingande de inre att "koncentrera sin eld", ända tills jemnvigt åter inträder. Alla våra förnimmelser af varm luft eller ånga bero enligt denna hjrpotes af gasatomernas stöt; de reta nerverna på sitt egendomliga sätt, nerverna öfverföra rörelsen till hjernan, och hjernan förklarar denna rörelse vara värme. Det intryck, man erfar vid inträdet i ett turkiskt bad, förorsakas af detta bombardement af atomer mot kroppens yta. Jag framlägger nu blott denna uppfattning för Er, såsom en hypotes, försvarad af många framstående forskare, utan att för egen del vilja uttala någon mening om densamma.

Om vi, i stället att såsom nyss lägga blåsan under luftpumpen och förtunna dess omgifvande luft, öka medelst värme de inneslutna atomernas anfallskraft, blir verkan densamma som nyss; blåsan sväller ut på grund af den häftigare stormlöpniu-39

gen inifrån. Ni behöfver för sådant ändamål endast hålla blåsan framför elden; den upptager dess strålande värme och meddelar detsamma genom omedelbar beröring åt sin inneslutna luft, under det den yttre deremot högst obetydligt uppvärmes af strålningen *).

Detta var nu ett ganska enkelt exempel på luftens utvidgning genom värme; se här ett annat! Flaskan F (bild 19) innehåller blott luft, som uppvärmes medelst en spritlampa. Från flaskan går ett böjdt rör till denna skål, som innehåller en färgad vätska; ett två fot långt, rakt glasrör tf, som nedtill är öppet, ofvantill slutet, räcker ned i skålen. I veten ju, att lufttrycket förmår qvarhålla vätskan i detta rör och, som I sen, är detsamma nu ända till toppen fyldt. Det böjda röret från flaskan utmynnar under detta rörs tt öppna ända, så att om en luftblåsa kommer ut ur det förra, måste den uppstiga i det sednare. Jag uppvärmer nu flaskan, och luften utvidgar sig på grund af hvad ofvan är sagdt; blåsor utgå ur det böjda rörets ända och uppstiga i det raka, ur hvilket innan kort nästan hela vätskepelaren utdrifves.

Den sålunda utvidgade luften måste naturligtvis vara lättare än i sitt vanliga tillstånd. Yår flaska är derföre ock vid försökets slut lättare än i början, nemligen just så mycket som den utdrifna luften väger. Antag nu, att en mycket lätt sack eller ballong är fylld med sådan uppvärmd luft; den måste då uppenbarligen förhålla sig i afseende på den omgifvande tyngre som en droppe olja i ett glas vatten, d. v. s. stiga uppåt. Detta är principen för den s. k. elds-luftballongen. Min assistent

*) Detta förhållande förklaras närmare i kap. IX.

Bild 19.40

antänder i detta kärl en del blånor, stjelper en tratt deröfver och håller öppningen af denna pappers-ballong öfver tratten. Den genom förbränningen upphettade luften drager genom tratten in i ballongen och utvidgar den; dess benägenhet att stiga gör sig redan märkbar. Nu släpper jag den lös, och den sväfvar sakta upp mot taket.

Men vi få ej nöja oss med att betrakta dessa företeelser blott i allmänhet; utan noggranna qvantitativa bestämningar skulle vi, trots bela detta vårt nya kunskapsförråd, snart förvillas ; vi måste nu undersöka, huru stor den utvidgning är, som en viss värmemängd förmår åstadkomma hos en gas. Detta är en vigtig punkt, som väl förtjenar hela vår uppmärksamhet. Är det fråga om en gasmassas volym, skulle vi utan kännedom om dess temperatur ej hafva någon rigtig föreställning om dess verkliga storlek, ty volymen förändras ganska betydligt med värmegraden. Antagom således, att vi hade en viss gasmängd vid 0° eller fryspunkten, samt upphettade den till 1°, under det trycket på hvarje qvadrattum af dess gränsyta bibehålles oförändradt. Gasen utvidgas då med ett belopp, som vi må kalla a; höjes temperaturen i stället till 2°, ökas den ursprungliga volymen med 2a; höjes den till 3°, blir utvidgningen 3a, o. s. v. Vi se med ett ord, att för hvarje grads tillägg till temperaturen ökas volymen med ett visst belopp. Hvilket? Jo, hvilken volymen än må hafva varit i början, ökas den för hvarje grad med är den vid 0° en kubikfot, blir den således vid 1° en hel och kubikfot; eller, för att begagna decimalbråk: 1 volymsenhet vid 0° blir

vid 1° .... 1 -f 0,00366 = 1,00366 vol. enheter, „ 2° .... 1 -f- 2.0,00366 = 1,00732 „ „ , n 3° .... 1 -f 3.0,00366 = 1,0101)8 „ „ ,

O. s. V.

Detta oföränderliga tal 0,oo366, som angifver, med huru stor del af sin volym vid 0° en gas utvidgas för hvarje grads temperaturförhöjning, kallas dess dilatations- eller utvidgnings-ko-ëfficient.

Det är en högst anmärkningsvärd omständighet, att alla s. k. permanenta *) gaser utvidga sig nästan alldeles lika mycket

) Benämningen "permanent" må här bibehållas, eftersom den förekommer i originalet och antagligen lärer komma att ännu till en tid anvandas, ehuru dess betydelse numera är blott relativ. Man förstod dermed fordom en sadan gas, som icke genom någon dittills uppnådd grad af kold eller tryck kunde förvandlas till vätska, ehuru visserligen ingen fysiker betviflade, att detta endast berodde på otillräckligheten af dittills använda medel. Denna förmodan visade sig ock full-41

för hvarje grads temperaturförökning. Af detta faktum kunna vi med största sannolikhet draga den vigtiga slutsats, att när värmet utvidgar en dylik kropp, har det intet annat arbete att utföra än att öfvervinna det utifrån verkande trycket, eller m. a. o., att det ej behöfver strida mot någon inre ömsesidig dragning mellan gasmolekulerna. Ty vore det sistnämnda fallet, skulle vi tvifvelsutan hos olika slags gaser påträffa samma olikheter och oregelbundenhet i afseende på utvidgningen som hos de flytande och fasta kropparne.

Se här en uppgift på några gasers utvidgnings-koëfficienter:

Vätgas...........0,oo366

Luft 0,00367

Koloxid...........0.oo3i>7

Kolsyra...........O.00371

Qväfoxidul......... 0,00372

Cyangas........ . . O.O0387

Svavelsyrlighet.....C.00390

Som man ser, öfverensstämma de tre förstnämnda ytterst nära; dock är vätgasens koefficient minst; den närmar sig, säger man, mest bland alla till det "ideala gastillståndet". I de öfriga blir afvikelsen allt större, och det i samma mån som den ifrågavarande gasen är lätt att kondensera, som den är, såsom gas betraktad, "ofullkomlig" eller befinner sig liksom på gränsen mellan det luft- och vätske-formiga aggregat-tillståndet.

Efter att hafva vunnit klarhet i denna fråga, skola vi nu småningom närma oss ett vigtigt, men något svårare problem. Antagom, att en luftmassa är innesluten i denna aflånga cylinder AB (bild 20), hvars genomskärningsarea är 10 qvadrattum. Cylinderns öfre ända A är öppen, och P är en kolf, hvilken — af skäl, som härnedan skola nämnas — antages väga 58 skålpund och kunna röra sig uppåt och nedåt utan friktion, ehuru lufttätt slutande till cylinderns väggar. Vid försökets början må den befinna sig vid cylinderns midtpunkt P, 273 tum öfver dess botten B, och den inneslutna luftens temperatur må då vara 0°. Okas den en grad, höjer kolfven sig naturligtvis en tum, således till 274 tums höjd öfver bottnen; ökas den till 2°, 3°, 4°, ställer kolfven sig på 275, 27(J, 277 tums höjd; blir luften slutligen 273° varm, så ökas dermed kolfvens ursprungliga höjd öfver B med 273 tum; den går

0°G-

komligt rigtig år 1877, då Cailletet och Pietet lyckades förvandla till vätskor samtliga de s. k. permanenta gaserna, nemligen Syre, Väte, Qväfve, Kol- och Qväf-oxid. O A.

Bild 20.42

upp till A, eller m. a. o. luftens volym fördubblas genom uppvärmning från 0° till 273°.

Vid detta försök verkställer den inneslutna luften ett arbete. Vid utvidgningen uppåt från P har den att öfvervinna ett motstånd, nemligen för det första den yttre luftens eller atmosferens nedåt verkande tryck på kolfven, hvilket belöper sig till 215 M (sid. 38), och för det andra kolfvens egen tyngd af 58 JSf. Hela denna tyngd — hvilken ju är alldeles densamma, som om atmosfers-trycket ej funnes till, men kolfven vägde 273 M i stället för 58 — lyftes vid utvidgningen från P till A 273 tum.

Vi vilja nu ändra försöket. I stället för att låta luften obehindradt utvidga sig vid uppvärmningen, vilja vi motverka dess utvidgning genom att öka det derpå verkande trycket, eller m. a. o. hålla dess volym konstant. Dess temperatur vid försökets början må liksom nyss vara 0°, och hela trycket 273 M. Nu uppvärmes den till 1°; huru stor tyngd behöfver då läggas på kolfven P, för att volymen ej må förändras? Jemnt 1 skålpund. Men det tryck, som verkar' på en gas, är just måttet på dess egen spänstighet; denna sistnämnda ökas alltså vid en grads temperaturförliöjning med af hvad den var vid 0°. Vid

upphettning till 2° eller till 3° måste, respektive, 2 eller 3 JK tilläggas; höjes temperaturen till 273°, måste man tillägga 273 d. v. s. fördubbla det ursprungliga trycket för att hålla volymen konstant.

Det är naturligtvis blott för enkelhets skull och för att slippa använda brutna tal, som jag här antagit det ursprungliga trycket till 273 ,/{f. Hvilket det än må vara, frambringar alltid ett tillägg af en grad till gasens temperatur en förökning af dess spänstighet med af hvad den är vid fryspunkten; vid dess upphettning till 273° fördubblas alltså denna spänstig-het, om volymen hålles konstant. Men låtom oss nu jemföra dessa båda försök! I båda fallen höjdes luftens temperatur lika mycket, nemligen från 0° till 273°; men i det förra fördubblades dess volym, och den utförde dervid ett arbete, bestående i att lyfta en tyngd af 273 skålpund 273 tum högt; i det sednare var detta ej händelsen. Äro väl nu, frågar jag, de absoluta värmebelopp, som meddelats den inneslutna luftmassan, i båda fallen lika stora? Alldeles icke. Antagom, att i det sednare försöket 10 brännmaterial erfordrats för att åstadkomma den åsyftade verkan, så erfordras i det förra nära 14i M af samma material. Det värme, som utvecklas genom förbränningen af de öfverskjutande 41 skålpunden, åtgår helt och hållet ^dens lyftande. Eller för att begagna noggrannare ziffror:43

Bild 21.

Den värmemängd, som användes, då volymen är konstant, förhåller sig till den, som erfordras, då trycket är konstant, likasom

1 till 1,417.

Det var just förmedelst detta vigtiga faktum, som man först lyckades bestämma värmets mekaniska eqvivalent. Och härmed äro vi komna till en punkt, som väl förtjenar och äfven kräfver Er hela uppmärksamhet, Jag vill försöka att utföra denna beräkning för Er.

Låt C (bild 21) föreställa ett cylindriskt kärl af en qvadratfots genomskärningsarea. PP må vara den öfre plana gränsytan af en kubikfot luft; höjden AP således en fot. Vi uppvärma denna luft, tills dess volym fördubblats; för sådant ändamål måste som bekant dess temperatur höjas 273°, och efter utvidgningen befinner sig dess öfre gränsyta vid PP', d. v. s. en fot högre än nyss. Under sitt uppstigande har den trängt undan atmosferen, som trycker med 21,5 ^f:s kraft på hvarje qvadrattum deraf och således på hela ytan med 2150 M Denna tyngd har alltså lyftats en fot högt, d. v. s. det verkställda arbetet är 2150 skålpundfot (sid. 27).

Den sålunda utvidgade luftens värme-kapacitet är 0,237 af vattnets, d. v. s. luften kräfver, för att upphettas ett visst gradtal, lika mycket värme, som en vattenmassa, hvars vigt är blott 0,237 af luftens, skulle kräfva för lika stor temperaturförhöjning. Men vår kubikfot luft väger 7,92 ort, och deu motsvarande vattenmassans vigt är alltså 0,237 . 7,92 ort.

Att upphetta detta vatten 273° erfordrar naturligtvis lika mycket värme, som att upphetta en 273 gånger så stor vigt, d. v. s.

273 . 0,237 . 7,92 ort = 5,12432 skålpund vatten en enda grad. Enligt vår definition på värme-enhet å sid. 26, 27, är detta värmebelopp

5,12432 värme-enheter, korteligen F.

Här upphettades nu luften under konstant tryck. Men vi hafva nyss fått veta,' att den värmemängd, som i detta fall erfordras för en viss temperaturförhöjning, förhåller sig till den, som erfordras för samma effekt vid konstant volym, likasom 1,417 : 1. För att beräkna det värmebelopp V', som vår kubikfot luft skulle, under konstant volym, hafva kräft för ofvannämnda upphettning, hafva vi alltså proportionen44

V : F' = 1.417 : 1,

och följaktligen V = = 3,61631 värme-enheter.

J ° 1,417

Skilnaden mellan F och F' utgör

5,12433 — 3,61631 = 1,50801 värme-enheter.

Denna skilnad användes, såsom ofvan är sagdt, hel och hållen till tyngdens lyftande eller till förrättandet af det ofvannämnda arbetet af 2150 skålpundfot. Emedan alltså

l,5080i vårme-enlieter motsvara 2150 shålpimdfot, finner man genom division, att en enda värme-enhet, motsvarar 1425,7 sk. fot.

Denna metod för beräkningen af värmets mekaniska ekvivalent, användes först af den ofvannämnde Dr Mayer i Heil-bronn våren 1842. I sin första afhandling lemnar ban blott en antydan om metoden, men ej detaljerna af sjelfva räkningen; han uttalar der lagen om kraftens förvandling och oförstörbarhet, samt anför ifrågavarande ecjvivalent endast som ett exempel 'på denna lag. Den stora betydelsen af sin upptäckt ådagalade ban sedermera snart nog i sina arbeten om organisk rörelse och nutrition (1845), om den celesta dynamiken (1848) — i hvilket han framställer den ofvannämnda meteorteorien — och slutligen i en fjerde afhandling af år 1851. Efter allt detta kan äran af att räknas bland de förnämste grundläggarne af den mekaniska värmeteorien ej frånkännas den snillrike mannen.

Den 21 Augusti 1843 framlade Joule för det brittiska naturforskare-sällskapet, som då var samladt i Cork, en afhandling, som till en del afsåg bestämmandet af "värmets mekaniska värde". Långvariga undersökningar hade föregått detta offentliggörande, så att Mayers och Joules första arbeten i sjelfva verket voro samtidiga. De värden på ekvivalenten, hvilka J. i denna afhandling meddelar, falla mellan så vida gränser som 1084 och 1921 skålpundfot.

I den mån hans erfarenhet och vana vid dessa undersökningar ökades, stämde resultaten bättre öfverens. Sålunda erhöll han, år 1849, under användning af alla de försigtighetsmått. som sex års arbete och erfarenhet gifvit vid handen, följande värden:

1423,9 skålp. fot, genom vattens friktion, medelvärde ur 40 försök l«i ! " " " qncksilfvers „ , „ 50 „ *

„ „ „ jerns „ , v) 20

Dessa undersökningar kunna med skäl'räknas till de'märkvärdigaste, som någonsin blifvit utförda inom fysikens hela område; öfverensstämmelsen mellan resultaten bildar ensam för sig en bekräftelse på teoriens sanning. Af skäl, dem J. närmare45

utvecklar i sina skrifter, anser han det här ofvan anförda och i våra beräkningar använda värdet 1426 sk. f. vara det rätta.

De arbeten, jag här omtalat, berättiga Joule till ett rum bland de störste naturforskare, som någonsin lefvat. Mayers verk bära stämpeln af en djupsinnig åskådning; trogen sitt lands spekulativa rigtning uttänkte han sin teori och drog vidtgående •slutsatser ur enkla premisser; Joule har lemnat experimentela bevis, han arbetade fram

sin teori och lade framför allt vigt uppå att fastställa säkra fakta. Vetenskapens historia skall ej framställa desse män som medtäflare; hvardera eger sin tillräckliga del af äran att hafva ej blott grundlagt den mekaniska värmeläran, utan ock öppnat vägen till en riktig uppfattning af naturens krafter i allmänhet.

Låtom oss ännu en gång granska vår slutsats beträffande det inflytande, som utförandet af ett arbete utöfvar på en gas' temperatur. Kan ej en gas utvidga sig utan att verkställa ett dylikt arbete? Denna fråga besvaras af följande vigtiga försök, som först gjordes af Gay-Lussac. Här äro två kopparkärl A, B (bild 22) af samma storlek, det ena tomt, det andra fyldt med luft. Jag öppnar kranen C, och luften rusar genast ur B in i A, tills trycket är lika i båda. När nu denna luft utdrifver sina egna partiklar ur B, verkställer den ett arbete, och den i B qvarvarande luften bör således afkylas. Partiklarne inträda i A med en viss hastighet-, till hvars frambringande en del af luftens i B värme har uppoffrats; men de stöta genast emot kärlets A inre yta, deras framåtskridande rörelse hejdas sålunda, och just samma värme-mängd, som förlorats af B, framträder i A. Blandas nu de båda kärlens luft mecl hvarandra, erhåller blandningen den ursprungliga temperaturen. Intet arbete är verkstäldt, alltså intet värme förloradt. Under sitt studium af den mekaniska värmeteorien gjorde Joule detta försök på det sätt, att han sammantryckte luften i det ena kärlet till 22 atmosferers tryck och tömde det andra. Båda omgåfvos derpå med vatten, som ständigt omrördes, och ingen temperaturförhöjning kunde upptäckas, då luften strömmade ur det ena in i det andra.

Se här ett annat exempel i samma väg! Öfre ändan af cylindern i bild 20 antages vara sluten, och den öfre hälften ofvanom kolfven P fullkomligt lufttom; i den nedre upphettas

Bild 22.46

luften till 273° under det dess volym bibehålles konstant, Upphäfves derpå trycket, utvidgar luften sig och fyller hela cylindern; den nedre hälften af luftpelaren blir dervid afkyld, men den öfre uppvärmd, och om båda blandas, blir hela pelarens temperatur 273° *). . .

Vi lära af detta försök, att en luftmassas förtunning ingalunda är ensam för sig tillräcklig att åstadkomma en sänkning af dess temperatur. Så menade dock fordom mången och gör det kanske ännu i dag. Kölden i atmosferens högre regioner ansågs bero af luftens utvidgning vid uppstigandet dit; värme-kapaciteten, menade man, var större hos den förtunnade, än hos den oförtunnade luften, och denna afkylning var alltså en verkan af förtunningen. Vi veta nu, att den afkylning, som åtföljer utvidgningen, beror i verkligheten derpå, att värme förvandlas till arbete; der intet sådant uträttas, der inträder ej heller någon temperatursänkning.

Jag vill nu fästa Er uppmärksamhet på en annan intressant fråga. Vi hafva sett, att en gas' spänstighet ökas med temperaturen, såframt dess omhölje ej medgifver den att utvidga sig; att om vi räkna från 0° uppåt, hvarje grads temperatur-förhöjning ökar den elastiska kraften med af hvad den är vid fryspunkten; genom gasens upphettning till 273° fördubblas den alltså. Antag nu, att samma lag äfven gäller, när vi räkna från 0° nedåt — att för hvarje värmegrad, som fråntages gasen, minskas dess spänstighet eller den rörelse, som förorsakar den, med s af hvad den är vid 0°; följden måste då blifva,

*) Jag har nyligen funnit ett fall omnämndt af Faraday (Re-searches in Cliemistry and Physics s. 221), som i hufvudsak öfverensstämmer med det här anförda. Faradays förklaring deraf är ett synnerligen lärorikt exempel på tillämpningen af den materialistiska värmeteorien. Iakttagelsen gjordes vid en gas-fabrik år 1827. "Det händer ofta", säger F,, 'att gas, som förut befunnit sig under ett tryck af 30 atmosferen plötsligt insläppes i dessa långa cylindrar, hvarvid en egendomlig företeelse uppkommer. Den ändan af cylindern, der gasen inträder, blir starkt afkyld, under det dess motsatta ända starkt uppvärmes. Detta beror af en förändring i gasens värmekapacitet; ty när den inströmmar i cylindern från de rum, der den förut var muesluten under ett tryck af 30 atmosferer, utvidgas den plötsligt, får sin värmekapacitet ökad, afkyles alltså och afkyler dermed äfven den del af kärlet, med hvilken den först kommer i beröring Men den del, som sålunda upptagit värme från cylindern, drifves framåt mot dess andra ända och sammantryckes der: sålunda får den sin kapacitet förminskad och afgifver nu åtminstone till en del det värme den nyss upptagit". Jag har kursiverat de uttrvck, som angifva den ordom brukliga förklaringen. Att den ifrågavarande "skilnaden i kapacitet ej existerar, är oss redan väl bekant.47

att vid temperaturen minus 273° C. finnes ingen spänstighet qvar alls, att atomrörelsen alldeles afstannat. Denna temperaturgrad benämner man derföre den absoluta nollpunkten.

Tvifvelsutan afviker emedlertid hvarje gas från den ofvannämnda lagen för sammandragningen, innan man kommer så långt ned; säkerligen skulle den ock långt dessförinnan hafva antagit fast form. Att vi ännu ej lyckats på långt när åstadkomma en sådan köld, behöfver väl ej omtalas.

För i dag vill jag ej mera anstränga Edra tankar med detta ämne, utan öfvergår nu till att med några försök belysa vätskors utvidgning genom värme.

Här är en glaskolf, fylld med alkohol, och tätt korkad; genom korken går ett rör tt' (bild 23) vattentätt, och vätskan

Bild 23.

står ungefär en fot högt deri. När kolfven uppvärmes, utvidgas alkoholen och stiger i röret. Men I måsten se dess stigning, och för det ändamålet är röret tt! ställdt framför den48

elektriska lampan*) E, från hvilken en stark ljusstråle går tvärsigenom det vid punkten t, der vätskepelaren slutar; sålunda belysas båda. Framför röret står vidare en lins L, som kastar en förstorad bild ii af vätskepelaren på en hvit skärm. I kunnen tydligt se, hvar pelaren slutar, och om den rör sig. Jag behöfver väl knappt nämna, att bilden på skärmen är upp- och ned-vänd, så att när vätskan utvidgas, rör sig bilden af pelaren nedåt. Nu fyller jag denna bägare B med varmt vatten och ställer den så, att vattnet omger kolfven. Beakten noga förloppet ända från början; nu är kolfven nere i vattnet — men bilden på skärmen stiger uppåt, liksom om alkoholen sammau-droges. Nu stadnar den emedlertid, börjar nedstiga och fortfar alltjemt dermed.

Men hvaraf härrörde den första uppstigningen? Visst icke af någon vätskans sammandragning, utan af glaskolfv ens ögonblickliga utvidgning. Åt den meddelade sig nemligen värmet aldra först, innan det ännu uppnått alkoholen; men sedan detta omsider skett, segrade vätskans utvidgning snart öfver glasets, och pelaren t höjde sig. Häraf är ock tydligt, att vätskans skenbara utvidgning ej angifver dess verkliga volymsförstoring, utan blott skilnaden mellan dess egen och glasets.

Här är en annan kolf, fylld med vatten, alldeles lika stor som den förra och försedd med ett likadant rör; jag sätter in den på samma ställe och upprepar försöket. I sen att börja med det hastigt öfvergående inflytande, som glasets utvidgning förorsakar, och derefter vätskepelarens fortfarande stigning; men märken också lätt, att den nu försiggår vida långsammare än i förra fallet; alkoholen utvidgas nemligen hastigare än vattnet. Vi kunde på samma sätt undersöka ännu ett hundratal vätskor och skulle dervid finna, att de alla utvidgas. Men ville vi häraf draga den slutsats, att utvidgningen genom värme är en regel utan undantag, så vore detta dock ett misstag. Jag tar åter denna kolf med vatten, men af kyler den nu i stället genom att nedsänka den i en blandning af salt och sönderstött is, hvars temperatur är, såsom I torden veta, lägre än fryspunkten. Vätskepelaren sjunker, vattnets värme borttages af köldbland-

*) Det är bekant, att om en stark elektrisk ström går fram mellan tv a kolspetsar, komma dessa i ytterst häftig glödning och utsända ett det intensivaste ljus, som med konst kan åstadkommas. Härvid uppirates emedlertid kolet, och afståndet mellan spetsarne skulle ökas samt i följd deraf strömmen snart afbrytas, derest de icke på samma gang långsamt närmades till hvarandra. Detta sker medelst ett urverk i den s. k. elektriska lampan (aftecknad i kap. XIII härnedan).

Ö. A.49

ningen, och det sammandrages. Nu försiggår emedlertid denna sammandragning mycket långsamt, och snart afstadnar den alldeles. En långsam rörelse börjar i motsatt rigtning, och nu utvidgar sig vätskan alldeles tydligt. Jag rör om köldblandningen, kallare delar deraf bringas sålunda i beröring med kolfven, och desto hastigare utvidgas vätskan. Vi se här naturen stadna i sitt vanliga lopp och alldeles förändra sina vanor. Händelsen är verkligen, att vattnet vid afkylning alltjemt sammandrager sig, tills det uppnått -f- 4°. Här är punkten för dess

största täthet; härifrån och nedåt, till fryspunkten, utvidgar det sig, och just vid dess förvandling till is blir utvidgningen plötslig och ganska betydlig. Isen flyter ju, som vi veta, på vattnet; ämnets täthet minskas genom volymens förstoring.

Uppvärma vi nu kolfven, sker naturligtvis förändringen i motsatt rigtning; pelaren faller, vittnande dermed om vätskans sammandragning. Efter en liten stunds förlopp upphör denna, och en fortfarande utvidgning börjar.

Den kraft, hvarmed dessa molekular-förändringar försiggå, är nära nog oemotståndlig. Vanligtvis ega de rum under sådana förhållanden, att vi ej äro i tillfälle att rigtigt iakttaga denna kraft. Men se här ett exempel!

En del vatten är inneslutet i denna jernflaska, hvars väggar äro fullt en halftum tjocka; den är alldeles fylld af vätskan och tillsluten medelst en i dess hals fast sittande skruf. Här är en annan dylik, tillredd på samma sätt; jag ställer båda i detta kopparkärl och omger dem med en köldblandning. De afsvalna småningom, och på samma gång närmar sig det inneslutna vattnet till punkten för sin största täthet; i detta ögonblick fyller det helt säkert ej fullkomligt flaskorna, utan lemnar ett litet tomrum inuti hvardera. Men snart upphör denna sammandragning, och utvidgning börjar; tomrummet blir fyldt, och vattnet börjar antaga fast form; dervid kräfver det större utrymme, hvilket det styfva jernet ej vill gifva. Men dess styfhet är maktlös gentemot atomkrafterna. Dessa atomer äro förklädda jättar, och det ljud, I nu hören, tillkännager, att den ena flaskan sprängdes af de kristalliserande molekulerna. Nu gjorde den andra på samma sätt, och här äro bitarne af båda, visande Er såväl deras tjocklek, som styrkan af den makt, hvilken krossat dem.

I kunnen nu lätt förstå köldens inverkan på vattenledningsrören i Edra hus. Se här en hel mängd dylika rörstycken, alla söndersprängda! Man upptäcker skadan, först då tövädret börjar, men den har i sjelfva verket tillfogats redan förut, af frosten;

först när isen inuti rören smälter, börjar vattnet bortgå genom remnorna.

Jag behöfver knappast påpeka för Er, hvilken betydelse denna vattnets märkvärdiga egenskap har för naturens stora hushållning. Föreställen Er en sjö under en klar vinterhimmel; vattnet på ytan afkyles först, sammandrages, blir derigenom tyngre och sjunker således ner, under det dess plats intages af lättare vatten från djupet. Äfven detta afkyles i sin ordning och sjunker; så fortgår kretsloppet till en tid. Men tänk, om så skulle fortfara, äfven sedan de första isflingorna bildat sig — isen skulle då sjunka *), och samma förlopp fortgå, ända tills hela sjön vore alldeles bottenfrusen. En säker död för hvarje lefvande varelse i vattnet vore följden deraf. Men just då, när förhållandet börjar blifva kritiskt, afviker naturen från sitt vanliga förfaringssätt, låter vattnet vidga sig genom afkylning och det kallare flyta som olja ofvanpå det varmare. Derpå sker isbildningen, men den fasta kroppen är mycket lättare än vätskan och bildar ett skyddande tak öfver djupets lefvande varelser.

Sådana fakta göra med skäl på oss ett djupt intryck; knappast är väl någon fråga mer egnad att väcka forskarens intresse, än den om förhållandet mellan lifvet och vilkoren för detsamma, om motsvarigheten mellan ändamål och medel i naturen. Men vilja vi utforska naturens hemligheter, få vi ej lemna våra känslor fritt spelrum; de kunna lätt narra oss att öfverskrida den säkra erfarenhetens gränser. Sålunda hör man ofta nog denna vattnets märkvärdiga egenskap anföras som något i sitt slag alldeles ensamt, som ett ovedersägligt bevis på ett omedelbart ingripande af en högre, planmässig välvilja. "Hvarföre", säger man, "skulle eljest vattnet ensamt få bilda ett undantag från den allmänna verldsordningen" ? — Förhållandet är helt enkelt det, att ifrågavarande undantag alls icke är ensamt i sitt slag. Se här en annan jernflaska, spräckt längsefter; slår jag itu den med en hammare, sen I en metallkärna inuti. Denna metall är vismut, som inhälts i flytande form i flaskan, hvarpå denna tillslöts med en skruf — alldeles som nyss i fråga om

) W. Thomson har nyligen påpekat en omständighet, som väl förtjenar att beaktas af geologerna. Om verkligen, såsom Bischoffs försök tyckas gifva vid handen, beståndsdelarne af den fasta jordskorpan sammandraga sig vid stelning, så måste denna, omedelbart efter sin daning, halva brustit och instörtat. Under sådana omständigheter vore det visserligen svart att tänka sig jordklotet såsom en flytande

vara fallet TJD skal, hvilket man ju i allmänhet anse?

J 11; ?asmy,thj Pastar, emedlertid, i motsats till Bischof, att smalta bergarter utvidgas vid sin öfvergång till fast form.51

vattnet. Och visinuten afsvalnade, antog fast form, utvidgades dervid och sprängde kärlet. Men icke fanns det någon fisk deri, som behöfde räddas; metallen förhöll sig ändå likasom vattnet. Med ett ord, jag vill säga, att naturforskaren har såsom sådan ingenting att skaffa med afsigter och planer. Hans uppgift är att utforska, hvad naturen är, ej hvarföre hon är det; om också han, såväl som andre och väl mer än andre, ofta nog måste stå hänförd af beundran öfver de mysterier, med hvilka han umgås och till hvilkas fullständiga förklaring hans undersökningar aldrig kunna lemna honom nyckeln.

Men vi öfvergå nu till frågan om fasta kroppars utvidgning genom värme, hvilken kan åskådliggöras på följande sätt.

Bild 24.

Här (bild 24) äro två lodräta bräder A och B, vid hvilka mes-singsskifvorna p och p' äro fästade. Här äro vidare två lika långa stänger, den ena af messing, den andra af jern; de äro, som I sen, ej tillräckligt långa att räcka från det ena brädet till det andra. Jag låter dem derföre hvila på två små utsprång af träd, som äro anbragta vid p och p'. Den ena messings-skifvan p står i förbindelse med ena polen af en elektrisk stapel D, och från den andra p' går en ledande tråd till instrumentet C. Från detta, hvilket endast är en liten ställning, som uppbär en spiralvriden platinatråd, går åter en tråd till stapelns andra pol; såsnart den elektriska strömmen går fram genom C, börjar platinatråden glöda med ett klart hvitt ljus.

Så gör den emedlertid ej nu, ty ett afbrott finnes i ledningen, beroende deraf att de båda metallstängerna ej äro nog

4*långa att samtidigt beröra de två messingsskifvorna p och p . Men under dessa stänger är, som I sen, en rad af gasbrännare, hvilka jag nu antänder. Stängerna upphettas derigenom, förlängas, och inom en helt liten stund skola de räcka fullständigt öfver från p till p'\ i samma ögonblick detta sker, går strömmen igenom, och detta visar sig af platinatrådens plötsliga glödning. Ännu är den mörk, och bryggan är således icke färdig _ men nu lyser den, och således har åtminstone den ena stången blifvit tillräckligt lång. Hvilkendera? Jag tar bort jern-stången, men platinan fortfar ändå att glöda; jag lägger åter dit den och tar bort messingsstången; då slocknar ljuset. Det var således denna sednare, som bildade bryggan öfver mellanrummet. Dermed äro två fakta ådagalagda; dels utvidgningen i allmänhet, dels att messingen utvidgas hastigare än jernet.

Båda metallerna, såvälsom de fasta kropparne i allmänhet, utvidgas emedlertid ganska obetydligt, och man har uppfunnit åtskilliga instrument för att mäta denna deras förstoring. Sådana benämnas i allmänhet pyrometrar. Här har jag emedlertid en apparat, vida kraftigare än en vanlig pyrometer, för att mångfaldiga och åskådliggöra den ifrågavarande effekten. Med en lodrät jernstång af två fots längd är en spegel, på hvilken en ljusstråle faller och reflekteras, på det sätt förbunden, att när stången förlänges eller förkortas, vrider sig spegeln i den ena eller andra rigtningen *). Hvarje dess rörelse, hur ringa den än må vara, mångfaldigas genom denna långa visare af ljus, hvilken, utom sin längd, också har den fördelen att vrida sig med dubbelt så stor vinkelhastighet som spegeln **). Också behöfver jag blott andas på jernstången för att åstadkomma en märkbar rörelse af ljusstrålen; och uppvärmes stången en liten stund med denna spritlampas låga, rör sig den lysande visaren nedåt, i det dess spår på väggen genomvandrar en sträcka af fullt trettio fot. Jag tar nu bort lampan och låter stången svalna; den sammandrager sig åter, och ljusfläcken skrider uppför väggen; rörelsen påskyndas betydligt, om man gjuter litet alkohol på stången för att befordra dess afkylning.

Jag nämnde nyss, att olika kroppar utvidgas olika mycket***); messing t. ex. mer än jern. Här äro två linealer, en af hvardera metallen, hopfästade längsefter, så att de bilda en enda, som vid denna temperatur är fullkomligt rak. Men detta blir ej längre

*) Emedan apparaten egentligen är afsedd för ett helt annat

andamal inskra.nker jag mig till denna summariska redogörelse derför.

***{ rif j »»'hällande förklaras utförligare i kap VIII .. J UWidgmngskoëfficienterna för några allmänt bekanta ämnen äro uppgifna i bihanget till detta kapitel.fallet vid en annan värmegrad. Upphettas linealen, förlänges messingen mer än jernet; linealen kröker sig följaktligen, och det, så, att den förra metallen bildar dess konvexa sida. Af-kyles den, blir verkan naturligtvis den motsatta. Dylika förhållanden måste tagas i noggrann beräkning vid alla sådana konstruktioner, der man vill undvika böjningar af materialet. Den styrka, hvarmed utvidgningen sker, kan nemligen ej motstås genom några vanliga mekaniska hjelpmedel; molekularkraf-terna, som verka inom oändligt litet utrymme, ega en nästan oändlig makt. Köldens sammandragande verkan har stundom användts af byggmästare för att uppresa lutande väggar. Om en kropp är skör, kan uppvärmning af en del deraf lätt spränga den, i följd af trycket eller dragningen på dess öfriga delar. Gjutes hett vatten i ett glas, spricker detta lätt; samma verkan kan äfven åstadkommas af stark köld.

Se här några flaskor af tjockt glas, hvilka man låtit kallna mycket hastigt efter blåsningen. De yttre lagren stelnade dervid genast; de inre svalnade långsammare, men befunno sig derunder omgifna af ett oböjligt skal, som nu är utsatt för hela deras sammandragande kraft. Glasets yta befinner sig derföre i ett sådant tillstånd af spänning, att den minsta rispa är nog att spränga det. Jag kastar in ett sandkorn i denna flaska — dess botten lossnar genast.

Här äro s. k. glastårar, bildade genom att låta smält glas droppa ned i kallt vatten. Det yttre skalet har att bära den inre massans sammandragning, men denna är så jemnt fördelad öfver hela ytan, att ingen del ger efter. Men man behöfver blott afbryta den glastråd, som bildar droppens svans, sa sön-derspringer den hel och hållen till stoft. Jag nedsänker glaståren i en flaska, fylld med vatten, så att svansen räcker ut, och afbryter denna; droppen splittras med sådan kraft, att stöten, som fortplantas genom vattnet, spränger flaskan sönder.

En mycket egendomlig verkan af utvidgningen iakttogs på kathedralen i Bristol af Rev. Moseley. Man hade täckt en del af taket mecl blyplåtar; sluttningen var ungefär tjugu fot lång. Denna betäckning lades år 1851, och två år sednare hade den skridit med hela sin massa halfannan fot nedåt. Denna skridning liade oupphörligt och småningom fortgått; förgäfves liade man sökt hindra den genom att indrifva starka naglar i taksparrarne; de upprycktes som grässtrån. Sluttningen var ej brant, och tyngdkraften ensam skulle ej hafva förmått åstadkomma en sådan verkan. Hvaraf berodde den då? Helt enkelt deraf, att blyplåten var utsatt för dagens och nattens vexlande temperaturer. Under dagens lopp uppvärmdes den och sträckte sig —54

men dervid företrädesvis nedåt, utför sluttningen; under natten sammandrogs den åter, men naturligtvis drogs äfven då dess öfre del lättare nedåt, än den nedre uppåt. Dess rörelse var,således just densamma som en vanlig metmasks; den utsträckte sin nedre del under dagen, och drog den öfre efter under nattens lopp; och sålunda hade den bokstafligen krälat ned halfannan fot på två år.

Det är redan sagdt, att olika kroppar utvidgas olika mycket af värmet, men tillochmed en och samma kan deraf utvidgas olika i olika rigtningar. I kristaller äro atomerna lagrade tillsammans efter bestämda lagar, och längsefter vissa linier tätare sammanpackade än utefter andra; det är derför ock sannolikt, att de kunna oscillera friare i en rigtning än i en annan, samt att följaktligen hela kristallen utvidgas lättare åt det ena hållet än åt ett annat. Denna kristall af Islandspat har, såsom Mit-scherlich ådagalagt, egenskapen att förlänga sig mera längs sin kristallografiska axel än i andra rigtningar. Och icke det allenast, utan när den utvidgar sig i det hela, d. v. s. i anseende till sin volym, sammandrager den sig i en rigtning, vinkelrät mot den nyssnämnda axeln. Denna förmåga af olika utvidgning i olika rigtningar anträffas ock hos många andra kristaller och förefinnes sannolikt äfven hos åtskilliga organiska väfnader.

Naturen är full af undantag, hvilka ingen teori kan förutse och om hvilka vi endast genom iakttagelse förvärfva kännedom. Att alla kroppar utvidgas af värme, skulle vi väl vara benägna att anse som en regel utan undantag. Men både vatten och vismut bilda dock, som vi nu veta, dylika.

Om en metall sammanpressas, utvecklas värme; och deremot köld, om en metalltråd sträckes. Joule och andre

hafva undersökt frågan och funnit detta vara ett allmänt förhållande.

Men ett märkvärdigt undantag (jag betviflar ej, att många andra finnas) från denna regel har temligen länge varit bekant; jag vill visa Er det. Denna skifva af kautschuk har legat i yttre rummet för att afkylas; jag afskär deraf ett stycke af tre tums längd och halfannan tums bredd, samt berör dermed den termo-elektriska stapeln; nålens utslag angifver köld. Jag sträcker det nu häftigt och berör åter stapeln dermed, alltjemt hållande det spändt — nålen går genast åt motsatt sida och angifver således uppvärmning.

Men ett undantag från en regel drager alltid andra med sig. Inom den fysiska verlden, likasom inom andens, står aldrig en tilldragelse allena. När W. Thomson lärde känna denna märkliga egenskap hos kautschuk, förmodade han genast, att utsträckt kautschuk måtte förkorta sig vid uppvärmning. Beviset55

Bild 25.5fi

derför lemnades af Joule, och här är nu försöket, framställdt i en för tillfället lämplig form.

Vid denna arm aa (bild 25) är fästadt ett stycke rör af vanlig vulkaniserad kautschuk och utspändt medelst en half-pundsvigt W till ungefär tre gånger sin vanliga längd. Visaren ii består af ett stycke lätt träd, som kan vrida sig kring en axel och uppbär ett långt halmstrå med en lansformig pappersbit till spets. Den sednare rör sig öfver en graderad cirkel, uppritad på denna svarta skärm. För ögonblicket är visaren nedtryckt genom en vid vigten W fästad pinne; lyftes den sednare, drages visaren uppåt af spiralfjedern ss. Kautschukröret är omgifvet af en skorsten C af jernbleck, hvarigenom het luft uppstiger från lampan L, som jag nu antänder. Som I sen, var Thomsons förmodan riktig; kautschuken förkortas och upplyfter vigten, så att visarens spets på ett par minuter beskrifver en båge af fullt tre fots längd. Jag tar nu bort lampan, och i den mån kautschuken återtager sin förra temperatur, förlänges den åter; visaren rör sig nedåt, och nu står den tillochmed lägre, än den gjorde vid försökets början.

Bihang till kap, III. Om kroppars utvidgning genom värme.

Det ligger ej inom planen tor detta arbete att ingå i alla de frågor, som stå i sammanhang ined den om utvidgningen; dock må till den yngre läsarens tjenst några anmärkningar derom bifogas.

Med en fast kropps längd-, yt- och volyms-utvidgnings-koëfficient förstås den bråkdel, hvarmed kroppens längd, yta och volyin, resp., utvidgas, då dess temperatur höjes en grad.

Antagom, att hvarje sida af en qvadratisk metallskifva, hvars längd är 1, utvidgas vid en grads uppvärmning med en längd a; hvarje sida af den nya qvadraten är då 1 + a, och således dess yta

1 + 2 a + a\

Men storheten a är så ytterst liten, att dess qvadrat a2 ej utöfvar något märkbart inflytande; vi kunna derför anse den nya qva-dratens yta vara helt enkelt

1 + 2 a.

2a är alltså yt-utvidgnings-koëfficienten, d. v. s. denna är dubbelt så stor som längd-utvidgningens.

Antagom, att vi i stället för en qvadrat hade en kub eller tärning af samma metall, hvars sida också vore 1 och vid en grads temperaturförhöjning blefve 1 + a. Den utvidgade kubens volym vore då 1 -f 3a + 3a2 + à3.57

Men liksom i förra fallet kunna vi här utelemna qvadraten a\ samt med^ännu större skäl a3, och således anse den utvidgade kubens volym vara helt enkelt

1 + 3a,

hvaraf följer, att volyms-utvidgnings-koëfficienten är tre gånger så stor som längd-utvidgningens.

Följande tabell angifver utvidgnings-koefficienterna för några bekanta ämnen:

Koppar .... O,ooooi7 . . . O.oooosi . . . O.oooosi

Bly...... 0,000029 . . . 0,000087 . . . 0,000089

Tenn.....0,000023 . . . 0,oooo69 . . . 0,oooo69

Jern.....0,0000123. . . 0,oooo369 . . . 0,000037

Zink.....O,0000294. . . O,0000882 . . . 0,000089

Glas.....0,ooooos . . . 0,000024 . . . 0,000024

Den första zifferkolumnen angifver här längd-utvidgnings-koëffi-cienterna; de båda följande volyms-utvidgningens, erhållna dels genom att helt enkelt tredubbla de föregående talen, dels genom direkt observation (af Kopp). Som man ser, gifva de båda metoderna nästan alldeles samma resultat.

Det förtjenar anmärkas, att glasets och platinans koefficienter äro nästan alldeles lika. Detta är en vigtig omständighet särdeles för kemister, hvilka ofta äro nödsakade att fastsmälta platinatrådar i glasrör. Yore koefficienterna olika, skulle ovilkorligen glaset sprängas vid denna operation.

I fråga 0111 vätskor och gaser kan naturligtvis ej blifva tal om någon annan koefficient än volyms-utvidgningens. De anföras här för några bekanta vätskor

Vatten.....0,00042

Alkohol .... 0,ioil Svafvelether . . 0,ooo7

Svafvelsyra . . . 0,ooo6 Terpentin .... 0,ooo8 Qvicksilfver. . . 0,oooi8

Som man lätt ser, utvidga sig vätskorna hastigare än de fasta kropparne, och gaserna ännu hastigare än vätskorna. Såsom prof må anföras, att utvidgnings-koefficienterna för jern, vatten och luft förhålla sig ungefär som talen 1, 11 och 99. Det har å sid. 48 blifvit sagdt, att alkoholens utvidgning är större än glasets; i sjelfva verket förhålla sig deras koefficienter ungefär som 46 till 1.

På qvicksilfrets utvidgning grundar sig som bekant den vanliga termometern. På densamma bestämmas två punkter genom dess nedsänkning dels i smältande is, dels i kokande vatten (eller rättare i dess ånga, emedan de olika vätskelagrens temperatur kan vara något skiljaktig) vid vanligt barometertryck, hvarefter afståndet mellan dessa punkter delas i lika delar. De tre olika termometerskalor, som användas, torde tillräckligt förtydligas af följande schema:Celsius

Fahrenheit

Af dessa är Celsii den allmännast och i alla vetenskapliga undersökningar numera uteslutande använda; Réaumurs begagnas ännu ofta i Danmark och Tyskland, samt Fahrenheits i England*).

Emedan qvicksilfrets fryspunkt är — 40°, och kokpunkt + 350°, kan qvicksilfver-termometern omöjligen användas utom dessa gränser, men äfven i deras grannskap blifva dess uppgifter mindre tillförlitliga. För låga köldgrader använder man derföre sprit-, för höga värmegrader luft- eller metall-termometrar.

I sjelfva verket voro ock sprit- och luft-termometrarne de tidigast använda. Upptäckten af den förre tillskrifves vanligen Galilei, af den sednare en holländsk landtman Cornelius Drebbel.

*) I originalet till detta arbete är derföre ock Fahrenheits skala lagd till grund för nästan alla temperatur-uppgifter. Hans besynnerliga bestämning af sin nollpunkt lärer hafva berott på den' något naiva föreställning, att densamma angaf den starkaste möjliga jordiska köld. Ö A. 59

KAP. IY.

Trevelyans vackla. — Göres rullande kulor. — Tryckets inflytande på smältpunkten. — Isens smältning genom tryck. — Dess sönderdelning genom värmestrålar. — Flytande blommor med centralfläck. — Mekaniska egendomligheter hos vatten, befriadt från luft. — Vätskors kokpunkt; omständigheter, som derpå inverka. — Värmets förvandling till arbete i ångmaskinen. — Islands heta källor.

Innan jag lemnar frågan om kroppars utvidgning, vill jag visa Er ett experiment, som på ett särdeles egendomligt sätt ådagalägger värmets förvandling i mekanisk rörelse. Den ifrågavarande företeelsen iakttogs först af en Hr Schwartz vid ett bergverk i Sachsen. Man hade smält en del silfver och utgjutit det på ett städ för att påskynda afkylningen. Kort derefter hördes ett sällsamt surrande ljud i bela rummet, och man fann omsider, att det kom från det heta silfret, som låg och dallrade på städet. Många år efteråt råkade en Mr Arthur Trevelyan att begagna ett varmt lödjern och lade det händelsevis på ett stycke bly. En stund derefter fästades hans uppmärksamhet af ett egendomligt ljud, som utgick från lödjernet; likasom Schwartz' silfver, var det försatt i dallring. Trevelyan gjorde saken till föremål för en särdeles intressant undersökning; ban bestämde den lämpligaste formen på "vacklan", såsom den vibrerande kroppen nuförtiden kallas, och instrumentet benämnes numera i hela Europa efter honom. Frågan har sedermera undersökts äfven af Forbes, Seebeck, Faraday, Sondhaus och mig; för vår kunskap derom hafva vi emedlertid mest att tacka Trevelyan och Seebeck.

Längden A C (bild 26) af denna messingsvackla är 5, bredden AB halfannan tum; handtaget, som slutar med knappen F,

Bild 26.

är 9 tum långt. Längsefter baksidan går en fåra; vacklans tvärgenomskärning synes i M. Vi uppvärma den till något öfver 100° och lägga den på ett litet stöd af bly, med knappen hvilande på bordet. I hören ett tydligt, tätt upprepadt knackande,60

men kunnen ej se vacklans dallringar, af hvilka det härrör. Jag lägcer derföre deröfver en messingsstaf AB (bild 2l) med en oö kula i hvardera än-

dan; dallringarne blifva derigenom mycket långsammare, och I kunnen nu mecl ögat följa staf-vens och kulornas pendelartade rörelse. Denna rörelse fortfar så länge, som vacklan förmår meddela tillräckligt värme åt blystödet, hvarpå den hvilar. På detta sätt gjorde vi dallringarne långsamma; vi kunna deremot göra dem hastigare genom att begagna en vackla med bredare fåra. Kanterna af detta andra exemplar stå ej så mycket ut som denförstas; det är på visst sätt en kortare pendel och oscillerar derför hastigare; lägges det. på samma sätt på blyet, fyller det bela rummet med en klar, tydlig ton. Dess stötar äro regelbundna och periodiska; de hafva förbundit sig med hvarandra till detta slags musik. Här är ett tredje exemplar med ännu bredare fåra, förniedelst hvilket jag kan frambringa en ännu högre ton. Som i veten, ökas nemligen tonens höjd med antalet af dess vibrationer; på grund af sin bredare fåra oscillerar denna sista vackla hastigare än de båda förra. Låter jag en ljusstråle falla på instrumentet, erhålles derigenom en visare utan vigt, som icke saktar rörelsen. En liten skifva af poleradt silfver är medelst en skruf fästad vid vacklans midt; ljusstrålen faller derpå och återkastas mot en hvit skärm. När instrumentet oscillerar, gör strålen det äfven, ehuru med dubbelt så stor vinkelhastighet *). och här sen I ljusfläcken på skärmen utdragen till ett bredt band.

Dessa sällsamma, dallringar och toner uppkomma genom den plötsliga utvidgning, som värmet förorsakar hos den kropp, hvarpå vacklan hvilar. Såsnart den heta metallen kommer i beröring med blyet, framskjuter en liten knöl eller vårta ur det sednare, bildad af det vid sjelfva beröringspunkten meddelade värmet. Vacklan lutar sig härvid ögonblickligen åt andra sidan, en ny

*) Se andra noten å sid. 52.

Bild 27.61

punkt deraf berör blyet, och genast uppskjuter der en ny knöl. AB (bild 28) må vara blyets yta; L och R föreställa vacklans tvärgenomskärning i de ögonblick, då den skuffas åt liöger eller åt venster. Så snart beröringen mellan de båda metallerna upphör, försvinner genast den sednast bildade knölen, och vacklan knuffas härunder, sålänge dess värmegrad är tillräckligt hög, oupphörligt fram och åter, under det dess tätt på hvarandra följande stötar mot blyet frambringa en sammanhängande ton.

Här (bild 29) äro två små blyplåtar fästade på kant i ett skrufstäd, med en half tums afstånd sinsemellan. En lång liet

Bild 29.

messiiigsstång lägges i jemnvigt på båda kanterna. Den hvilar först på den ena plåten, som utvidgar sig och stöter den uppåt; dervid faller den med sin tyngd på den andra, som förhåller sig på samma sätt, och sålunda fortfar den att vagga fram och tillbaka, sålänge värmet räcker. En vanlig eldskyffel gör lika god tjenst som messingsstången. Ja, Ni behöfver blott lägga en het skyffel eller eldgaffel på ett stycke bly och • understöda handtaget, så att ingen friktion uppkommer, för att frambringa så ljufva och musikaliska toner, som man någonsin kan få höra. På liknande sätt kan man få ljud ur ett tunnband af jern, en koppar- eller silfver-slant.

Försöket är af intresse i afseende på sammanhanget mellan naturkrafterna. Kropparnes atomer hafva vi att tänka oss som nästan oändligt små, men också som oändligt talrika. Den förökning af en enda atoms amplitud eller svängnings-utslag, som

Bild 28.värmet frambringar, är alldeles omärkbar, men summan af alla. dessa oändligt många förökningar kan nog märkas. En sådan summering, som sker nästan i ett enda ögonblick, frambringar den lilla knölen på blyets yta och upplyfter den tunga vacklan. Här hafva vi således en direkt förvandling af värme till mekanisk rörelse. Men den upplyftade vacklan faller åter ned och frambringar ånyo vid sin stöt mot blyet nästan alldeles samma värmebelopp, som åtgick för att lyfta den. Här försiggår alltså, en direkt förvandling af vanlig tyngdkraft till värme. Vidare är instrumentet omgifvet af ett medium, som ock kan försättas i rörelse. Luften i detta rum väger åtskilliga centner, men hvarje partikel deraf försättes genom vacklan i dallring, och hvarje trumhinna och hörselnerv, som finnes härinne, skakas på samma sätt. Sålunda hafva vi här en förvandling af en del af värmet till ljud. Och slutligen förvandlas åter hvarje ljudvåg, som ilar fram genom luften härinne och bryter sig mot rummets väggar, bänkar, golf och tak, till samma form. hvarmed kretsloppet begynte — till värme.

Se här en annan sällsam företeelse, för kännedomen hvarom vi hafva att tacka G. Göre, och hvars förklaring är snarlik den förras. I sen dessa båda skenor. Två långsmala stycken af messingsplåt, SS, S'S' (bild 30) äro fästade på kant, med en

B

Bild 30.

tums afstånd, och en ihålig kula af tunn metallplåt ligger på dem. Stöter man till kulan, rullar den undan; eljest, ligger den stilla. Förbindas de båda skenorna, medelst trådarne ww'. med polerna af" en galvanisk stapel, går en elektrisk ström genom den ena skenan till kulan, genom densamma till den andra skenan, och slutligen tillbaka till stapeln. Vid kulans båda beröringspunkter med skenorna möter strömmen ett motstånd, och så ofta sådant inträffar, utvecklas värme; detta värme förorsakar en liten upphöjning på skenan vid just denna punkt. Sen nu verkningen deraf: kulan, som nyss var alldeles stilla, blir orolig. Den dallrar först litet utan att rulla; derpå rullar den ett litet stycke, stadnar oc.h vänder tillbaka. Småningom ökar63

den sina utflygter; nu bar den rullat längre, än ämnadt var, ocb faller ned på golfvet. I denna andra apparat (bild 31), som jag erhållit af Göre sjelf, bilda skenorna ett par koncentriska

Bil,! 31.

ringar; när strömmen går fram, rullar kulan F rundt omkring cirkeln. Göre har också fått lätta kulor att rulla utan den elektriska strömmens tillhjelp, derigenom att han lade dem på heta, cirkelrunda kopparskenor; den rullande kraften är i detta fall uppenbarligen alldeles densamma, som den stötande i Tre-vely ans-instrumentet.

I de aldra flesta fall beledsagas en kropps öfvergång från flytande till fast form af en sammandragning. Här är t. ex. en stor glastallrik, innehållande hett vatten; jag gjuter deröfver smält vax ur en stöpslef. Vaxet bildar nu ett halftums-tjockt lager ofvanpå vattnet. Vi låta båda afsvalna och, när det skett, skolen I finna, att vaxet, som nu betäcker hela ytan och häftar rundtomkring vid glaset, dragit sig tillbaka och bildar en kaka af betydligt mindre omfång än tallriken.

Vaxet utvidgar sig alltså vid öfvergången från fast till flytande form; dess atomer fordra i det sistnämnda

tillståndet större tomrum sinsemellan. Antagom då, att vi motverka dess utvidgning genom en yttre mekanisk kraft; att vi hafva ett mycket starkt kärl alldeles uppfyldt med fast vax och stadigt tillslutet; hvad menen I då skall inträffa, om vi söka att smälta vaxet? I dess fria tillstånd behöfde värmet endast besegra dragningskraften mellan vaxmolekulerna; nu kommer härtill kärlets motstånd. Deraf sluta vi helt enkelt, att det i sednare fallet erfordras större värmebelopp till smältningen, än i det förra ^ eller med andra ord, att vaxets smältningstemperatur höjes64

o-enom det yttre trycket. Och denna slutledning bekräftas fullkomligt af erfarenheten. Hopkins och Fairbairn höjde medelst tryck smältpunkten för åtskilliga ämnen, hvilka liksom vaxet sammandragas vid öfvergången till fast form, med 10 till 15 grader.

Dessa försök leda till en märklig slutledning. Som bekant, ökas jordklotets temperatur gradvis, ju längre vi intränga i detsamma, och man har beräknat det djup, vid hvilket alla af oss kända ämnen skulle befinna sig i smält tillstånd. Hopkins har emedlertid fästat uppmärksamheten derpå, att i följd af de högre lagrens utomordentliga tryck måste de djupare kräfva en betydligt högre värmegrad för att smältas, än om de befunne sig vid jordytan; och sluter häraf, att jordens fasta skal måste hafva en vida större tjocklek, än man förut förmodat; i stället för 20 mil, som geologerna fordom antagit, anslår han den till minst 120. Härmed öfverensstämmer i hufvudsak en annan slutledning af W. Thomson, att "såframt ej jordens fasta skal består alltigenom af utomordentligt styft material, måste det gifva efter och ändra sin form på grund af den solens och månens attraktion, som förorsakar ebb och flod; en sådan förändring skulle åter märkbart förminska såväl nämnda fenomen, som ock precessionen och nutationen. Det är ytterst osannolikt, att något skal, tunnare än 4—500 mil, kan ega tillräcklig stadga att motstå dessa solens och månens krafter".

Isen förhåller sig, som vi veta, på motsatt sätt mot vaxet; den sammandrager sig vid smältningen, och vid öfvergången till fast form kräfva deremot dess molekuler större mellanrum än förut. Tvifvelsutan beror detta deraf, att de — som vi straxt skola få se — ordna sig till kristaller; deras attraherande poler äro så belägna, att när den kristalliserande kraften börjar verka, förena sig molekulerna på sådant sätt, att mellanrummen ökas. Vi kunna tänka oss såsom möjligt, att de fästa sig vid hvarandra medelst sina hörn; och att under de vändningar, som de derför måste utföra, deras centra aflägsna sig från hvarandra. Det sista är. åtminstone alldeles säkert. Afkylning måste således här förorsaka utvidgning, och ett yttre tryck, som förmådde motverka denna, skulle bibehålla det flytande tillståndet. Vi sluta häraf, att smältningstemperaturen för isen och andra ämnen, som i likhet dermed utvidgas vid öfvergången till fast form, måste sänlcas genom tryck.

J. Thomson undersökte först denna fråga på teoretisk väg, och hans slutledningar hafva blifvit tillfullo bekräftade genom försök af hans broder, W. Thomson.65

Bild 32.

Vi skola nu förtydliga dessa principer genom ett slående försök. Här är ett fyrkantigt block af is L (bild 32), halfannan tum högt och vidpass en qvadrattum i genomskärning; dess temperatur är för närvarande 0°. Men om isen utsättes för tryck, sänkes dess smältpunkt; den sammantryckta isen smälter redan under 0°, och dess nuvarande temperatur är alltså högre än dess smältningstemperatur. Isstycket är skuret så, att dess frysningsplan äro vinkelräta mot blockets höjd. Jag sätter det nu upprätt mellan tvenne skifvor af buxbomsträd BB, och derpå alltsammans in i en hydraulisk press. En stark ljusstråle sändes genom isen, men denna stråle har förut gått genom vatten, som fråntagit

densamma dess värmande förmåga; det "sållade" *) ljuset går derför fram genom isen utan att smälta den. Framför isstycket står en lins, som kastar en förstorad bild deraf på skärmen här framför Er. Jag låter nu pressen verka och klämmer stycket helt långsamt mellan buxbomsskifvorna. Mörka strimmor börja sträcka sig genom dess massa, vinkelräta mot tryckets rigtning; midt inuti blocket träda de upp, och i den mån pressningen tilltager, växa de förra strimmorna i storlek, och nya sälla sig till dem. Hela isstycket är nu genomfåradt af sådana. Hvad äro de väl? Intet annat än lager af flytande vatten, sedda från sidan och derför i förkortning; tittar Ni snedt in i stycket, ser Ni dem utbredda som plana ytor. De äro de första resultaten af den begynnande smältningen **).

*) En värmestråles "sållning" förklaras närmare i det följande.

**) Öfvers, har här lemnat originalets framställning oförändrad, men kan för sin del ej undertrycka den anmärkning, att ifrågavarande försök väl knappast är så "slående", som förf. menar. Ty den frågan påtvingar sig helt naturligt, om ej isens smältning är att tillskrifva det värme, som utvecklas genom sjelfva sammantryckningen (sid. 4). Först en noggrannare undersökning visar, att detta sistnämnda värmebelopp är otillräckligt att åstadkomma den ifrågavarande effekten. — Ett bättre exempel på fryspunktens sänkning genom tryck synes öfvers, vara gifvet härnedan (kap. VI) i isens "regelation", för hvilken ban ock skall tillåta sig att framställa en från förfcns något afvikande hypotes. O. A.

Tyndall, Värmet. 566

Vare sig i fast, flytande eller gasformigt tillstånd, är vattnet ett af de märkvärdigaste ämnen i naturen. Låtom oss betrakta det litet noggrannare! Vid hvarje temperatur olvan 0° är värmerörelsen tillräcklig att hindra dess molekuler från fast förbindelse; men vid nämnda gradtal är denna rörelse så minskad, att molekulerna börja gripa tag i hvarandra och bilda en fast kropp. Men denna förbindelse är strängt lagbunden. För många bland Er synes kanske ett isstycke ej erbjuda mera skönhet och intresse än ett stycke glas; men i verkligheten förhåller det förra sig till det sednare, som ett oratorium af Händel till skrålet på ett marknadstorg. Isen är musik, glaset är oväsen; isen är ordning, glaset förvirring. I det sednare bilda molekulerna en outredbar, trasslig härfva; i den förre sammanflätas de till en symmetrisk väfnad, hvars konstfulla sammansättning jag nu vill visa Er.

Huru skall jag då dissekera isen? I solstrålen — eller, i brist deraf, i strålen från vår elektriska lampa — hafva vi en anatom, fullt vuxen uppgiften. Jag borttager nu det ämne, genom hvilket strålen "sållades" i vårt sista försök, och sänder den direkte från lampan in genom ett genomskinligt isstycke. Den skall plocka ned hela kristallbyggnaden bit för bit, lika tyst och ordentligt som molekularkrafterna engång förde den upp. En skifva af is, 5 tum i qvadrat och 1 tum tjock, står nu framför lampan, hvars strålar gå derigenom. Jemför strålen fore dess inträde i isen och efter utträdandet derur; ögat varsnar ingen skilnad, ty ljuset är ej märkbart förminskadt. Annat är förhållandet med värmet; i afseende derpå är strålen ojemförligt kraftigare förut än efteråt. En del deraf har nemligen blifvit qvarhållen i isen, och denna del är just vår arbetande anatom. Jag ställer nu en lins framför isstycket och kastar en förstorad bild deraf på skärmen. Betrakten den (bild 33)! Här är en stjerna och här en annan; allt efter som arbetet fortgår, synes isen upplösa sig i stjernor, af hvilka enhvar har sex strålar och liknar en skön sexbladig blomma. Flyttas linsén fram och tillbaka, komma nya stjernor fram; då arbetet skrider framåt, blifva blommornas blad sågade i kanterna och breda sig ut likt ormbunksblad på skärmen. Få bland Er hafva väl anat, att så mycken skönhet var förborgad i en simpel isbit. Och liuru slösande är då ej Naturen, som arbetar så hela verlden igenom! Hvarje atom af den fasta brygga, som betäcker Nordens frusna sjöar, har blifvit lagd på sin plats enligt denna lag.

Jag vill fästa Er uppmärksamhet på tvenne, i sammanhang med detta försök stående omständigheter, båda skenbart obetydliga, men af stort intresse. I sen nu dessa blommor i genom-67

Bild 33.

gående ljus, d. v. s. sådant som passerat igenom både dem och isen. Men om 1 undersöken dem i påfallande ljus, eller det-

4*68

som återkastas från dem till Ert öga, finnen I i medelpunkten af hvarje blomma en fläck, som lyser likt poleradt sdfver. I tron måhända, att denna fläck är en luftblåsa, men om man bortsmälter den omgifvande isen genom att lägga hela stycket i hett vatten, försvinner fläcken, såsnart den blifvit blottad, utan att lemna ett tecken till luftblåsa efter sig. Denna fläck är ett fullkomligt tomrum. I sen häraf, hur följdrigtigt naturen arbetar, huru strängt lagbundna alla hennes förrättningar äro. Vi känna, att isen sammandrager sig vid smältningen, och finna här ett prof derpå: dessa blommors vatten kan ej fullständigt utfylla rymden af den is, genom hvars smältning de frambragts; hvarje blommas utveckling måste derför nödvändigt åtföljas af bildandet af ett tomrum.

När jag första gången såg dessa vackra former, tyckte jag mig i samma ögonblick, som den centrala fläcken lik en ljuspunkt plötsligt framträdde, höra en knäpp, liksom hade isen sprungit sönder med detsamma. Jag trodde till en början, att det blott var min egen inbillning, som förband ett ljud med ljus-intrycket, liksom personer, hvilka få se meteorer, ofta tycka sig dervid höra ett brusande ljud, som alldeles icke förefinnes i verkligheten. Härvidlag var dock ljudet en verklighet, och med Er tillåtelse skall jag föra Er från denna obetydliga tilldragelse genom en följd af märkliga företeelser till en ganska aflägsen, för den praktiska vetenskapen ytterst vigtig fråga.

Allt vatten håller en del luft upplöst; genom kokning befrias densamma ur sin fångenskap. Då en flaska vatten upphettas, ser Ni, långt förrän kokningen begynner, luftblåsor samla sig vid dess väggar, uppstiga genom vattnet och ofta flyta under några ögonblick på ytan. Det är närvaron af denna luft i vattnet, som framkallar dess sjudning; den verkar som en elastisk fjäder, i det den håller vattenmolekulerna något isär och dymedelst underlättar deras öfvergång till ångform.

När detta hinder för deras närmare sammanslutning aflägsnas, fatta molekulerna liksom bättre tag i hvarandra; vattnets kohesion ökas derför betydligt genom luftens aflägsnande. Här är ett tillslutet glaskärl, den s. k. puls- eller vatten-ham-maren, som innehåller luftfritt vatten. En följd bland andra af den elastiska fjäderns borttagande är, att vattnet härinne faller med ett hårdt ljud, liknande det af en fast kropp, och deraf har instrumentet erhållit sitt namn; I hören, hur vätskan klingar mot ändan af röret, när jag vänder det upp och ned. Här ar ett annat rör, ABC (bild 34), böjdt i form af ett V, som afser att visa, huru vattnets kohesion förändras genom en länge fortsatt kokning. Jag öfverför vattnet, som till en del fyller69

Bild 34.

det böjda röret, först i den ena armen af detta V och knackar derefter mecl ändan af denna arm mot bordet. I hören först ett osammanhängande, sqvalpande ljud; sålänge det fortfar, är vattnet ännu icke i riktig beröring med rörets inre yta. Men under det jag fortfar att knacka, bemärken I en förändring af ljudet; sqvalpet har nu upphört, ljudet blir hå'rdt, liksom när en fast kropp stöter emot en annan. Nu vänder jag armen AB med vätskepelaren upp och ned — men den sednare nedfaller dock ej; dess partiklar hänga så fast vid rörets väggar och vid hvarandra, att vattnet ej längre beter sig som en flytande kropp; det vägrar att lyda tyngdlagen.

Således ökas kohesionen, men just denna omständighet föranleder motstånd mot kokning. Vatten, som sålunda befriats från luft, kan upphettas ända till 40—55° öfver sin kokpunkt, utan att ändock kokning inträder. Men märken ock, hvad som inträffar, när denna väl börjar! Vätskan har ett ofantligt värmeförråd inom sig; dess hopfogade molekuler skilja sig slutligen åt, men de göra det med hela våldsamheten af en springfjäder, som plötsligt brister vid för stark spänning, och kokningen blir en verklig explosion. Det är Donny i Ghent, som upptäckt denna märkvärdiga egenskap hos vattnet.

Vi återvända nu till vår is. Vid frysning utesluter vattnet fullständigt all luft ur sin kristallbyggnad; alla främmande70

kroppar utdrifvas dervid ur detsamma. Smälta vi-således ett stycke ren is under sådana omständigheter, att luften ej kan få tillträde dertill, erhålla vi vatten af största möjliga kohesions-kraft, och detsamma måste vid upphettning visa de verkningar, jag nyss omtalat. Faraday har ådagalagt detta; han smälte is under terpentinolja och fann, att den sålunda erhållna vätskan kunde upphettas betydligt öfver 100°, men att dess uppkokning då också försiggick med nästan explosiv våldsamhet. Låtom oss tillämpa dessa fakta på våra sexbladiga isblommor med deras lilla centralfläck; äfven de bildas på ett ställe, dit luften ej kan komma. Tanken Er en dylik blomma utvecklas och gradvis tilltaga i storlek. Vattnets kohesion är så stark, att det drager väggarne af sitt lilla rum tillsammans och förstorar tillochmed sin egen volym heldre än att gifva plats. Men då cellen växer, blir tillsist det rum, som vätskan sträfvar att utfylla, allt för stort för densamma; den brister då sönder med en hörbar knäpp, och ett tomrum bildas.

Och slutligen ännu ett hithörande exempel! Det är märkligt nog, att många lokomotiv hafva exploderat just i det ögonblick, då de skulle lemna en plats, der de stått stilla en stund, och just då lokomotivföraren släppte på ångan.

Nu förhåller det sig ock så, att om en ångpannas vatten kokat tillräckligt länge för att utdrifva den deri upplösta luften, så eger den sålunda bildade vätskan i högre eller lägre grad den förökade kohesionskraft, om hvilken jag talat. Åtminstone är det tänkbart, att ett öfverskott af hetta kunnat samla sig i pannan under lokomotivets stillastående, och har detta väl skett, så blir nog följden af ångans påsläppande en plötslig sprängning af vattenmolekulernas sammanhang, och att ånga med explosivkraft ögonblickligen bildas. Jag säger icke bestämdt, att detta är händelsen, men hvem kan väl å andra sidan bestämdt förneka det? Visst är, att vi här hafva att göra med en kraft, som under gynsamma — eller, rättare sagdt, ogynsamma — omständigheter nog förmår frambringa den verkan, hvarom fråga är.

Tillför man vattnet värme eller m. a. o. rörelse, blir följden den, att dess partiklar flyga bort från ytan i städse ökadt antal. Man närmar sig omsider hvad som kallas vätskans kokpunkt, der förvandlingen till gasform försiggår ej blott på den fria ytan, utan isynnerhet just vid kärlets botten, der hettan meddelas. Kokar vattnet i en glasbägare, synes ångan uppstiga från bottnen mot ytan, der den ofta dröjer några ögonblick, omgifven af en kupolformad vätskehinna. ' För att dessa ångbubblor skola kunna bildas, måste vissa motståndskrafter öfver-71

vinnas. För det första vattnets adhesion vid kärlet, en kraft som är beroende af det sednares material. I ett glaskärl t. ex. kan kokpunkten höjas 2—3 grader, något som i ett kärl af metall är omöjligt. Adhesionen besegras ofta endast ojemnt och stötvis, en egenskap hos vätskan som kan genom upplösning deri af vissa salter till den grad förökas, att ett högljudt buller åtföljer uppkokningen; skilsmessan mellan vattnet och kärlets vägg försiggår då ofta så häftigt, att det förra utslungas.

Ett annat hinder mot kokningen är vätskepartiklarnes inbördes dragningskraft, hvilken, såsom vi sett, betydligt ökas, om vattnet är befriadt från luft. Detta gäller för öfrigt ej blott om vatten, utan äfven om andra vätskor, t. ex. alla ether- och alkohol-arter. Sätta vi en liten flaska, innehållande etber eller alkohol, i förbindelse med en luftpump, uppstår en häftig kokning i vätskan, såsnart pumpen sättes i gång; men har den väl blifvit befriad från sin upplösta luft, kan man ofta fortsätta pumpningen utan att åstadkomma någon vidare kokning; ångbildningen försiggår endast på ytan.

Men för att ångan må kunna bilda bubblor inuti den flytande kroppen, måste den äfven öfvervinna två andra krafter: den ofvanliggande vätskans tyngd, samt atmosferens tryck på dess yta. Det sistnämndas verkan kan åskådliggöras genom följande försök. Här är ett kärl af tenn med mycket tunna väggar; det innehåller litet vatten, som kokar öfver spritlampan. För ögonblicket är det inre rummet ofvan vattenytan fyldt med ånga, som utströmmar genom en krän. Jag tillsluter denne, släcker elden och afkyler kärlet genom begjutning med kallt vatten. Ångan inuti kondenseras; den elastiska kudden, som tryckte kärlets väggar utåt och motstod atmosferens tryck, blef sålunda borttagen, och här sen I följden deraf. Väggarne blifva sammanpressade och skrynklade af lufttrycket ; detta belöper sig ju till 21,5 JM på hvarje qvadrattum.

Men huru kan då ett så bräckligt ting som en ångblåsa hålla ihop på ytan af ett kokande vatten? Helt enkelt derföre, att den inneslutna ångans spännkraft är jemnt upp lika stor som den yttre luftens; vätskehinnan pressas mellan två elastiska kuddar, som jemnt motverka hvarandra. Vore ångans tryck starkare, skulle bubblan sprängas inifrån utåt; och tvärtom, ifall atmosferens tryck rådde. Här hafva vi alltså den riktiga definitionen på kokpunkten: den temperaturgrad, vid hvilken ångans spänstighet eller tension jemnt motväger atmosferens tryck.

Då vi uppstiga på ett berg, minskas den ofvanliggande atmosferens tryck, och på grund deraf sänkes kokpunkten. En Augusti-morgon år 1859 fann jag på toppen af Montblanc det72

kokande vattnets temperatur vara 84,97°, d. v. s. fullt femton grader lägre än vid hafsytan. Den 3 Aug. 1858 var kokpunkten på toppen af Finsteraarhorn 86°; den 10:de i samma månad pä toppen af Monte Rosa 84,95°, således nästan alldeles densamma som på Montblanc, ehuru det sednare berget är 500 fot högre än det förra. Barometerståndets vexlingar äro i sjelfva verket fullt tillräckliga att förklara denna oregelbundenhet. I medeltal sänkes kokpunkten med en grad för 1090 fots tillökning i höjd; man kan således bestämma den höjd, vid hvilken man befinner sig, genom att observera kokande vattens temperatur. Det påstås, att thé ej blir godt, om ej vattnet håller fullt hundra grader; om så är, lärer det allt bli svårt att tillreda denna dryck riktigt bra på de högre

Alpstationerna.

Vi skola nu göra ett experiment för att visa kokpunktens beroende af det yttre trycket. Glaskolfven F (bilcl 35) innehåller vatten; ur denna andra större kolf G har luften utpumpats. Båda kunna sättas i kommunikation med hvarandra, om

Bild 36.73

man öppnar kranarne. I F har vattnet redan kokat en stund, hvarunder ångan bortgått genom kranen y. Jag släcker nu lampan och stänger denna krän; kokningen upphör, och ren ånga fyller rummet ofvanför vattnet. Vi låta detta svalna något; derunder se vi emellanåt en bubbla uppstiga derigenom, emedan ångans tryck på ytan småningom minskas genom kondensationen. Jag påskyndar nu denna genom att hälla kallt vatten öfver kolfven; dervid utvecklas ångbubblor i större mängd. Skulle vi neddoppa hela kolfven i kallt vatten, blefve uppbrusandet häftigt. Nu har emedlertid vattnet i F kommit i ro, och dess temperatur är några grader lägre än kokpunkten. Jag omvrider då kranen e och öppnar derigenom utväg för ångan till det tomma kärlet G; i samma ögonblick minskas trycket i F, vattnet börjar genast att koka der, och den kondenserade ångan slår sig ned som en regnskur mot kärlets G väggar. Genom att afkyla detta sednare och derigenom hindra dess inneslutna ånga att trycka på vattnets i F yta, kunna vi hålla detta sistnämnda i kokning under en lång stund.

Genom stark upphettning kan ångans spännkraft stegras utomordentligt. Markisen af Worcester sprängde kanoner dermed, och alla våra bedröfliga ångpanne-explosioner äro lika många bevis på dess makt. Men det har lyckats mennisko-snillet att bringa denna väldiga kraft i sin tjenst; Denis Papin lyftade medelst densamma en piston, hvilken derpå åter nedtrycktes af atmosferens tyngd, då ångan kondenserades; Savery och Newcomen begagnade hans apparat i praktiken, och James Watt fulländade denna storartade användning af värmets rörelsekraft. Genom att lyfta pistonen medelst ånga, under det rummet ofvanför densamme kommunicerar med fria luften eller en kondensator, och derpå åter nedtrycka den, i det rummet nedanför står i dylik kommunikation, erhålla vi en enkel fram- och åter-gående rörelse, som genom lämpliga mekaniska anordningar kan omsättas till hvilken annan form som helst.

Men grundsatsen om kraftens bevarande gäller äfven här. För hvarje slag, som maskinen gör; för hvarje tyngd, som den lyfter; för hvarje hjul, som den sätter i rörelse — måste en motsvarande värmemängd uppoffras. En centner stenkol frambringar vid förbränning ett visst bestämdt värmebelopp. Låt detta användas till en ångmaskins rörelse; och antagom, att vi kunde uppsamla såväl allt det värme, hvilket upphettar sjelfva maskinen och kondensatorn, som ock det, hvilket går förloradt genom utstrålningen och beröringen med luften; detta kommer att understiga det genom förbränningen frambragta just med ett belopp, eqvivalent med det verkställda arbetet. Antag, att74

detta arbete består i att lyfta en vigt af 14260 % en fot högt; den nämnda skilnaden kommer att utgöra jemnt tio varme-en-heter. Hirn, civil-ingeniör i Colmar, har experimentelt bevisat denna teoretiska slutledning genom en följd af invecklade försök, utförda i stor skala och med en utomordentlig ihärdighet.

I Hirns försöksmaskin lemnade ångan pannan och inträdde i cylindern vid en temperatur af 146°; kondensatorns var deremot 34°. Ångan arbetade "med expansion", d. v. s. den inträdde i cylindern och utöfvade der hela sin kraft, ända tills pistonen lyftats en viss bråkdel af sin hela bana. Då afstäng-des ångan, och pistonen sköts fram genom den återstående delen af banan genom den ångas utvidgnings-(expansions-)kraft, som redan fanns inne i cylindern.

I detta fall var rummet ofvanför pistonen i förbindelse med kondensatorn; och om expansions-mekanismen vore fullkomligt exakt, skulle ångan under pistonen i det ögonblick, då denne uppnådde sin högsta punkt, hafva just den spänstighet, som motsvarade kondensatorns temperatur. Låtom oss nu antaga, att så verkligen var fallet, samt att ännu efter expansionen all ångan fortfarande hade fullkomlig gasform; vi kunna då, på grund af Regnaults försök, beräkna, huru stor bråkdel af hela värmebeloppet verkligen blifvit förvandlad till arbete. Icke utan öfverraskning finna vi då, att i Hirns försök detta bråk ej borde uppgå till ens i.

Men å andra sidan iakttog Hirn bestämdt, att J af det från ångpannan erhållna värmet förvandlades till arbete. Beräkning och experiment gåfvo således olika resultat. Först af Rankine och sedermera, oberoende af honom, af Clausius — två af den mekaniska värmeteoriens grundläggare — uppvisades på teoretisk väg anledningen till denna motsägelse. Vid den nyssnämnda beräkningen antogo vi nemligen, att den från pannan i cylindern inträdande ångan förblef under hela expansionen i fullkomlig gasform. Rankine och Clausius visade, att detta var omöjligt; att när, såsom i Hirns försök, mättad ånga får utvidga sig, en del deraf kondenseras till vätska och dervid afgifver en del af sitt latenta värme. Redan innan denna teoretiska förklaring var funnen, hade emedlertid maskin-konstruktörerna förstått att afhjelpa detta kondensationens skadliga inflytande genom att omgifva cylindern med ett fodral af het ånga från pannan.

Men tillochmed om », d. v. s. 12} procent, af hela värme-mangden omsättes i arbete, innebär detta dock en högst betydlig forlust. En sådan lärer aldrig heller kunna i en ångmaskin undvikas. Ty den bråkdel af hela värmet, hvaraf man sålundaid

kan draga nytta, beror till sitt belopp af två omständigheter: ångans temperaturer vid inträdet i cylindern och vid inträdet i kondensatorn. Ju längre afståndet mellan dessa kan göras, desto större blir det nämnda bråket; men för att kunna förvandla hela värmemängden till arbete, måste man först skaffa sig en kondensator, som hölles vid den absoluta nollpunkten *) (sid. 47).

Men mitt ämne är här naturens lagar, ej industriens underverk, och kan jag derför endast i förbigående vidröra ångkraftens användning för menniskolifvets behof. I)e som genomvandrat verkstäderna i Woolwich eller några andra dylika, hafva tvifvelsutan erhållit ett tydligt begrepp om den utomordentliga hjelp, som i värmet är ställd till menniskans förfogande. Man må vid ett sådant tillfälle ej förgäta, att hvarje kringsnurrande hjul, hvarje mejsel, hyfvel, borr eller såg, som bearbetar det massiva jernet så lätt, som vore det ost, erhåller sin kraft, från atomernas sammanstötning i ugnen. Det är denna rörelse, som meddelas först åt ångpannan och derifrån åt vattnet, hvars mole-kuler splittras isär och flyga från hvarandra med en kraft, beroende af det dem meddelade värmets belopp. Ångan är endast den apparat, förmedelst hvilken atomernas rörelse förvandlas till vanlig mekanisk. Och denna sista kan nog återtaga sin ursprungliga form. Sen dessa hyflar och borrar — strömmar af vatten måste spola öfver dem, för att de må hållas svala. Akta Er att röra ett af dessa långa spiralvridna hyfvelspån; de äro för heta att hållas med handen.

Deremot skall jag nu fästa Er uppmärksamhet på en naturens ångmaskin, som sedan gammalt räknats bland dess under, den stora Geysern på Island. Denna ös yta höjer sig långsamt från stranden mot midten, der medelhöjden öfver hafsytan är ungefär 2000 fot. På detta högland äro, liksom på en piedestal, ställda de väldiga Jöklarne eller isbergen, hvilka sträcka sig hufvudsakligen från SW till NO; här äro ock öns ännu verksamma vulkaner och heta källor belägna. Ur de svalg och klyftor, som utlöpa från dessa berg, framströmma tidtals under häftigt brus väldiga ångmassor; och om denna utströmning försiggår nära öppningen af en håla, stegras genom dess resonans ljudet till ett åsklikt dån. Längre ned i de mera porösa lagren

*) En kropps absoluta temperatur är den, som räknas från nämnda nollpunkt. Absoluta temperaturen för smältande is är alltså + 273°. Låt T och t betyda ångans temperaturer vid de två ofvannämnda tillfällena, båda räknade från den absoluta nollpunkten, så kan den bråkdel af hela värmet, som förvandlas till arbete, aldrig öfverstiga

T76

träffar man rökande gyttjepölar, der en vidrig svartblå leraktig

massa kokar, höjande sig litet emellan i ofantliga bubblor hvilka vid sönderbristandet slunga sitt slammiga skum upp till 15—-U fots höjd. Uppåt från bergens fot sträcka sig gletscherna, under det deras toppar betäckas af stora snöfält; ur gletschernas hålor och springor framvälla stora vattenmassor, som här och der nedstörta öfver isväggarne och ofta utbreda sig milsvidt öfver landet, innan de finna ett utlopp. Derigenom uppstå vidsträckta mor as. Men en del af vattnet strömmar ned genom remnor i marken och banar sig sålunda väg till heta klippor i

djupet; här träffar det tillsammans med vulkaniska gaser, som utvecklas i dessa underjordiska nejder, och nu färdas båda i sällskap vidare, för att vid lägligt tillfälle åter frambryta i dagsljuset, antingen i form af ång-eruption eller som het källa.

Den ryktbaraste af dessa sistnämnda är den stora Geysern. Den består af ett 75 fot djupt rör eller schakt, af 10 fots diameter; detsamma öppnar sig ofvantill i ett bäcken, hvars längd från norr till söder är 53, från öster till vester 61 fot. Det inre af både röret och bäckenet är fodradt med en vacker, glatt kiselsinter, nog hård att motstå hammarslag; och den första frågan blir: Huru har detta märkvärdiga rör blifvit uppbygdt och så utmärkt väl beklädt? Kemisk analys visar, att vattnet håller kiselsyra upplöst, och man kunde väl på grund deraf förmoda, att det afsatt sintern på rörets och bäckenets väggar. Detta är dock ej fallet; vattnet afsätter ingen bottensats, hur länge det än förvaras. Här är ett prof deraf, som blifvit tappadt på ilaska, korkadt och förvaradt under åtskilliga år, men är fortfarande alldeles kristallklart. Den anförda hypotesen skulle för öfrigt förutsätta, att sjelfva schaktet blifvit bildadt af någon annan kraft, och att vattnet endast lemnat öfver draget dertill. Men Geyser-bäckenet ligger på toppen af en liten kulle af ungefär 40 fots höjd, och vid första anblicken finner man, att densamma måste hel och hållen hafva bildats af springkällan.

Gjuta vi litet Geyser-vatten i en flat skål, der det kan af-dunsta, varsna vi, att i skålens midt utfälles ingenting, men vid sidorna, der vattnet uppdrages af kapillariteten och således lättare fördunstar, afsättes kiselsyra. Af sådan bildas följaktligen en ring rundtomkring, och först sedan afdunstningen försiggått temligen länge, ser mail ett ytterst ringa grums i midten. Detta försök är en mikroskopisk framställning af förloppet deruppe i Island. Föreställen Er en vanlig varm kiselhaltig källa, hvars vatten sipprar ned utefter en sakta sluttning; detsamma måste naturligtvis afdunsta, och kiselsinter således afsätta sig. Denna sinter höjer småningom den yta, hvaröfver vattnet flyter77

fram, tills detta slutligen måste taga en annan väg. Men samma företeelse inträffar också här; ytan höjer sig liksom förut, och vattnet måste åter söka sig ett nytt aflopp. Så måste det vandra rundtomkring för att afsätta sin kiselsyra och dermed höja väggarne af det schakt, hvari det befinner sig, ända tills det under tidernas lopp uppbyggt den underbara apparat, som länge nog varit en gåta för både turisten och forskaren.

Före ett utbrott äro både röret och bäckenet fyllda af hett vatten; emellanåt skakas marken af ett dån, hvarefter vattnet kommer i häftig rörelse. Hela vätskepelaren lyftes upp, bildar en upphöjning i bäckenets midt, och en del deraf flödar öfver. Dessa knallar härröra uppenbart af ångbildning i de underjordiska ledningar, som mata liufvudröret; när denna ånga kommer upp i det kallare vattnet, kondenseras den plötsligt och åstadkommer dervid ett dån. Det har lyckats Bunsen att bestämma temperaturerna på de olika punkterna af Geyser-röret, från bottnen ända upp till mynningen, några få minuter före ett stort utbrott; och dessa iakttagelser gåfvo vid handen det märkliga förhållande, att vattnets värmegrad på intet ställe af röret uppnådde kokpunkten. I bifogade genomskärning (bild 36)

Observerade temperaturer

[-Koknings-temperaturer-]

{+Koknings- temperaturer+}

Bild 36.78

äro på ena sidan antecknade de verkligen iakttagna temperaturerna, och på den andra de temperaturer, vid hvilka vattnet skulle koka. då behörigt afseende fästes ej blott på atmosferens, utan ock på den ofvanliggande vätskepelarens tryck. Vid A, 30 fot från bottnen, är vattnet närmast sin motsvarande kokpunkt, dock fattas äfven der två hela grader. Huru kan då

ett utbrott uppkomma?

Betrakten såsom exempel just denna punkt A, och erinren Er, att vattenpelaren lyftes, när ångbildning försiggår på djupet! Antagom, att den vid ett sådant tillfälle lyftes sex fot; vattnet vid A flyttas då till B. Dess kokpunkt vid

A är 123,°8, och dess verkliga temperatur 121,°8; men vid B är dess kokpunkt endast 120,°8; vid ankomsten dit är dess inneboende hetta alltså mer än tillräcklig att bringa det i ångform. Så sker naturligtvis också ögonblickligen; och hela pelaren lyftes derigenom ännu liögre upp; ännu mera ånga utvecklas —-och så råkar hela massan på en gång i explosiv kokning, vattenmassor och ångmoln slungas om hvarandra upp i luften, och der hafva vi Geyser-utbrottet i all dess storhet.

Men vätskan afkyles genom beröringen med luften, faller ned och fyller så småningom först röret, sedan åter bäckenet. Emellanåt höras ånyo knallar, och vattnet höjer sig. Dessa äro idel ansatser till ett nytt utbrott; först när rörets vatten åter kommit tillräckligt nära sin kokpunkt för att på nyss beskrifna sätt kunna åstadkomma en verklig lyftning af hela pelaren, kan man vänta en riktig eruption.

Bunsen har gifvit denna förklaring af företeelsen, och vi skola nu bekräfta densamma med ett försök. Här är ett rör af galvaniseradt jernbleck AB (bild 37), sex fot långt, med ett bäcken C B ofvantill. Det uppvärmes nedantill af en eld; och för att så mycket som möjligt efterlikna förhållandet vid den verkliga Geysern, har man omgifvit röret med en annan eld F, två fot ofvan dess botten. Tvifvelsutan beror vattnets höga temperatur, på motsvarande ställe af Geyser-schaktet, på en lokal inverkan af heta underjordiska klippmassor. Röret fylles nu med vatten, som småningom uppvärmes, och tid efter annan utslungas, ungefär hvar femte minut, en vattenstråle.

Det finnes på Island en annan ryktbar källa, Strokkur, hvilken man brukar tvinga till utbrott genom att tillstoppa dess mynning med jordklimpar. Vi kunna också efterhärma denna källas verksamhet genom att tillsluta öppningen af vårt rör AB med en kork. Och derefter får upphettningen fortgå. Slutligen far den instängda ångan tillräcklig spänstighet att utslunga korken, och vattnet, plötsligt frigjordt från trycket, kastas upp i-

Bild 37.80

luften. Taket här i rummet är nära 30 fot öfver golfvet, men strålen når ändå ditupp, och vattnet faller nu ned derifrån i stora droppar. Bild 38 föreställer en genomskärning af Strokkur.

Genom att tillsluta vårt lilla Geyserrör med korkar, genom hvilka glasrör af olika längder och diametrar äro dragna, kunna vi noggrannt efterhärma många andra springkällors verksamhet. Sålunda kunna vi ganska lätt åstadkomma intermittenta utbrott; vatten- och ång-strålar följa hvarandra i rask omvexling; de förra spruta 15—20 fot högt. Dessa försök bevisa, att Geyser-röret är ensamt för sig en tillräcklig orsak till utbrotten, och att vi ej, såsom det fordom skedde, behöfva antaga till hjelp tillvaron af några särskilda underjordiska hålor, fyllda med vatten och ånga.

Ett ögonblicks eftertanke skall säga Er, att Geyserns verksamhet måste hafva en gräns i tiden; att när schaktet ujipnått ett sådant djup, att vattnet derneri, på grund af det ökade trycket, ej längre kan uppnå sin kokpunkt, utbrotten nödvändigt måste upphöra. Källan fortfar ändock att aflagra sin kiselsinter och bildar ofta en "Laug" eller cistern. Sådana anträffas stundom på Island af ända till 40 fots djup. Deras skönhet, säger Bunsen, är obeskriflig; öfver ytan sväfvar en lätt ånga, vattnet är af den renaste azur och meddelar sin färg åt de fantastiska inkrusta-tionerna på Laugens väggar, under det på bottnen mynningen af den fordom så mäktiga Geysern ännu ofta är synlig. På ön anträffas ock stundom spår af nu utslocknad Geyser-verksamhet; kullar med grusfyllda schakt, ur hvilka vattnet banat sig ut att söka andra fält för sin verksamhet. Der hafva vi alltså Geysern i dess olika åldrar: i ungdomen som en vanlig varm källa; i sin mandom, som den mäktiga eruptiva vattenpelaren; i ålderdomen, som en stillsam Laug — men som minnesvård öfver ett en gång verksamt lif qvarstår på den hädangångnes plats det förfallna schaktet i sin tysta öfvergifna kulle.

Bild 38. 81

KAP. Y.

Den mekaniska teoriens tillämpning på specifikt och latent värme. — Potentiel och aktuel energi. — Molekularkrafternas styrka. — Mekaniska värden af vattnets bildning, kondensation och stelning. — Försök öfver specifikt och latent värme. — Fast kolsyra. — Vätskors sferoidala tillstånd. — Vattens och qvicksilfver frysning i en glödande degel. Bihang: Om naturkrafternas förvandling.

När en tröttsam färd skall företagas i Alperna, begynner den erfarne vandraren sin resa med långsamma steg, så att när stunden för den svåraste mödan är kommen, den finner honom härdad i stället för utmattad af det föregående arbetet. I dag skola ock vi gripa oss an med ett svårt företag. Låtom oss begynna på samma sätt; ej med en öfversvallande enthusiasm, som slocknar under ansträngningen, utan med tålamod och beslutsamhet, som ej rygga för mötande svårigheter.

Denna blyvigt är, som I sen, fästad vid ett snöre, som löper öfver en vid rummets tak fästad rulle. Vi veta, att jorden och vigten attrahera hvarandra; den sednare hvilar för ögonblicket på den förre och utöfvar ett visst tryck derpå; någon rörelse, något inbördes närmande mellan de två kropparne är således för närvarande ej möjligt.

Men nu drar jag upp vigten. Den sväfvar sexton fot öfver golfvet och är lika stilla der, som när den låg dernere; men likväl är förhållandet väsentligt förändradt. Genom upphissandet har jag meddelat vigten en förmåga att frambringa rörelse; den han falla och derunder utföra ett arbete, kringvrida en maskin, lyfta en annan vigt eller något dylikt. Låtom oss använda uttrycket energi för att beteckna denna förmåga att utföra ett arbete, och särskilt "möjlig eller potentiel energi" för att beteckna den, som vigten i detta ögonblick — naturligtvis på grund af jordens dragningskraft — eger, men som den ännu icke bragt i utöfning. Men nu låter jag snöret löpa; vigten faller och träffar golfvet med en hastighet af 32 fot i sekunden. I hvarje ögonblick af fallandet drogs den nedåt af tyngden, och dess slutliga kraft var just summan af alla dessa dragningar. Under detta förlopp var vigtens energi verksam, den var "aktuel eller dynamisk", eller som man ock säger, den var "lefvande kraft". Låtom oss hädanefter noggrannt skilja mellan de båda slagen!

Tyndall, Värmet.

682

Betraktom vigten, sedan den tillryggalagt den första foten af de sexton! Den har då uppenbarligen en fot mindre af potentiel energi, än den egde vid 16 fots höjd, men har i stället förvärfvat ett motsvarande belopp af aktuel, hvilken, om den till sin rigtning omvändes, skulle åter upplyfta vigten till dess ursprungliga höjd. När således potentiel energi försvinner, uppträder aktuel i dess ställe. Och den stora sanningen är, att hela verldsalltet igenom är summan af dessa oföränderlig; att skapa eller tillintetgöra energi är lika omöjligt som att skapa eller tillintetgöra materia; alla företeelser inom den kroppsliga verlden bestå endast i en förvandling af den ena arten till den andra. Detta är lagen om kraftens bevarande.

Det är visserligen ännu för tidigt att afhandla organiska förlopp; men kunde vi hafva iakttagit molekulernas tillstånd inom min arm, då jag hissade upp vigten, skulle vi hafva funnit, att för verkställandet af denna mekaniska akt förbrukades ett motsvarande belopp af energi i någon annan form. Denna form är, såsom vi framdeles skola få se, värme. Hade vigten upphissats af en ångmaskin, skulle också en viss värmemängd dertill förbrukats, en lika stor som utvecklas, om vigten åter får falla ned från sexton fots höjd.

Vore tyngdkraften tusen gånger starkare än den verkligen är, skulle uppenbarligen också ett tusen gånger större värmebelopp åtgå till vigtens lyftande. Men den stora lagen ändras ej en hårsmån derigenom; den värmemängd, som skulle utvecklas genom den fallande vigtens stöt mot jorden, blefve i sådant fall också tusen gånger större.

Vi skola nu använda dessa begrepp, hvilka utvecklats genom betraktande af synliga och påtagliga massor, på sådana som äro för små att af våra sinnen förnimmas. Förståndet har lika lätt att fatta åtskiljandet af två inbördes attraherande atomer, som vigtens skiljande från golfvet. Så tätt som atomerna än hänga tillsammans, måste vi dock tänka oss dem åtskilda af mellanrum, men utöfvande ytterst stark dragning på hvarandra. Det skulle kräfva ett rentaf otroligt belopp af vanlig mekanisk kraft att öka eller minska dessa mellanrum så pass, att kroppens volym derigenom underginge någon märkbar förändring. Jag har förgäfves bemödat mig att genom tryck meddela en mjuk metalls täthet en varaktig förökning. Vattnet mom hvars massa handen rör sig så lätt, ansågs länge nog alldeles omöjligt att sammantrycka. Pressades det med våld tillhopa, sipprade det - heldre än att gifva efter - ut genom porerna af det metallkärl, som innehöll det, och utbredde sig83

som en dagg öfver dess yta *). Genom finare och kraftigare instrument har man i nyare tid lyckats sammantrycka

det, men först genom användning af utomordentlig styrka.

Vilja vi således öfvervinna molekularkrafterna, måste vi angripa dem med deras egna likar. Värmet uträttar, hvad mekanisk kraft, på vanligt sätt använd, ej förmår; det utvidgar kropparne, och sådant kan ej ske, utan att molekular-attrak-tionerna besegras.

Och nu ber jag Er anstränga Er uppmärksamhet. Antag, att ett visst värmebelopp meddelas detta blystycke; huru blir det då användt derinom? Jag svarar: Till två olika ändamål, eller m. a. o. det uträttar två olika slags arbete. En del deraf åstadkommer den slags rörelse, som ökar blyets temperatur och inverkar på termometern; den andra delen åtgår till att förflytta metallens atomer i nya lägen, och denna del går såsom värme förlorad. Detta aflägsnande af atomerna från hvarandra, i strid mot deras inbördes dragning, är fullkomligt analogt med upplyftandet af vår vigt, i strid mot jordens dragning; i båda fallen går värme förloradt. Men vi kunna drifva jemförelsen ännu längre. Antag, att ett visst kraftbelopp användes på vigten, och att detta delas i två delar; den ena användes till vigtens upplyftande, den andra till att försätta densamma, under uppstigandet, i pendelrörelse, i svängningar af städse ökad vidd och hastighet; vi hafva då en fullkomlig analogi till förloppet inom blystycket. Dess atomer skjutas isär, men vibrera derunder med städse ökad intensitet. Det meddelade värmet upplöser sig alltså i dels potentiel energi hos atomerna, dels aktuel — en slag atomisk musik, om man så vill, — och det är endast denna sednare, som inverkar på termometern och på våra nerver.

*) Se här ett utdrag ur Bacos Novum Organum (från 1620): "Jag lät göra ett ihåligt bly klot af 2 pints" (ung. { kannas) "rymd och tillräcklig tjocklek att uthärda betydligt tryck, fyllde det med vatten och tillslöt derefter hålet med smält bly. Derpå tillplattade jag klotet med en hammare, hvarigenom dess rymd minskades (ty sferen är ju den solida figur, som har största volym), och när hammaren ej längre gjorde verkan, begagnade jag en press; ända tills vattnet, ur stånd att mera sammantryckas, utsvettades som en dagg genom det fasta blyet. Jag beräknade derefter det rum, som gått förloradt genom sammantryckningen, och deraf den förminskning, som vattnets volym undergått." Ellis gör härvid följande anmärkning: "Detta är kanske det märkvärdigaste af Bacos försök, och eget är, att det blifvit så föga omtaladt af sednare författare. Nära femtio år sednare offentliggjordes redogörelsen för ett dylikt af Megalotti, sekreterare vid Accademia del Cimento i Florens, och har det sedermera alltid omtalats som 'Florentiner-experimentet'." Här må blott tilläggas, att det i detta sistnämnda försök använda klotet var af silfver.

6*84

Den förra uträttar deremot inom den uppvärmda kroppen, hvad vi, med Clausius, vilja kalla "inre arbete" — atomernas förflyttande i nya lägen. När kroppen afkyles, framträda åter dessa krafter, som vid uppvärmningen öfvervunnos; atomerna närma sig åter hvarandra, och dervid framkommer åter det värme, som förbrukats till deras åtskiljande.

Kemisterna hafva bestämt vigterna af de särskilda kropparnes atomer i jemförelse med hvarandra. Antager man en vät-gas-atoms vigt såsom enhet, är syrgas-atomens vigt 16, qväf-gas-atomens 14. I ett skålpund vätgas innehållas alltså 16 gånger så många atomer som i en lika stor vigt syrgas; och i allmänhet är det antal af en kropps atomer, som innehålles i ett skålpund deraf, omvändt proportionel) mot atomvigten.

I närmaste sammanhang härmed står en annan vigtig sats. På grund af försök, anställda af Dulong, Petit, Regnault och Neumann, är det ytterst sannolikt, att alla enkla kroppars atomer —• de må nu vara stora eller små, lätta eller tunga — ega vid samma temperatur alldeles samma belopp af den rörelseenergi, som vi benämna värme; de lättare atomerna ersätta nemligen genom sin större hastighet sin underlägsenhet i massa. Nu har alltså en vätgas-atom lika stor aktuel energi som en syrgas-atom vid samma temperatur; men ett skålpund väte innehåller 16 gånger så många atomer som ett skålpund syre; alltså måste det absoluta värmebelopp, som det förra innehåller, vara 16 gånger så stort som det sednares vid samma värmegrad.

Detta är orsaken till kropparnes, eller åtminstone till gasernas, olika värme-kapacitet- eller "egentliga värme." För att höja väte-skålpundets temperatur tio grader, måste man uppenbarligen meddela detsamma 16 gånger så

mycket värme, som för att åstadkomma samma verkan på syrgas-skålpundet. Och omvändt: Falla bådas temperaturer lika många grader, så afgifver det förra 16 gånger så stort värmebelopp som det sednare. Och toge vi här qväfve i stället för syre, så blefve förhållandet 14 i stället för 16.

Vid dessa kroppar har värmet ej något "inre arbete" att uträtta; mellan deras atomer verkar ej någon märkbar dragningskraft, som måste öfvervinnas. Men när fråga blir om flytande och fasta kroppar, sällar sig till den nu anförda olikheten ännu en, beroende af värmets förbrukande till inre arbete. Men så mycket lättare är det att inse, hvarföre t. ex. ett skålpund vatten kräfver, som vi redan flere gånger sett, trettio gånger sa mycket värme som ett skålpund qvicksilfver för lika många graders temperaturförhöjning, och afgifver, vid lika stor temperatursänkning, ett lika många gånger större värmebelopp85

Följande försök åskådliggör rätt bra ifrågavarande olikhet, Se här en rund vaxskifva CD (bild 39) af 6 tums diameter och en half tums tjocklek; den hvilar på ringen af en retorthållare. I detta kärl innehålles olja af 180°; deri äro nedsänkta några kulor af olika metaller — jern, bly, vismut, tenn och koppar; de hafva naturligtvis alla samma temperatur som oljan. Jag tar ut dem och lägger dem på vax-kakan; de smälta vaxet under sig och sjunka ned deri. Men detta sker med mycket, olika hastighet. Jernet och kopparn borra sig ned mycket fortare än de andra; dernäst kommer tennet, under det blyet och vis-muten blifva betydligt efter. Nu gick jernkulan igenom; kopparkulan följer straxt efter; tennkulan börjar just titta fram ur vaxkakans nedre yta; men de båda andra hafva ej förmått borra sig igenom stort mer än dess halfva tjocklek.

Genom att upphetta lika vigter af åtskilliga kroppar till t. ex. 100°, afkyla dem till 0° och uppmäta de värmemängder, de dervid afgifva, kunna vi noggrannt bestämma deras värme-kapaciteter. Sådana försök hafva många gånger anställts af framstående forskare, på grund af frågans utomordentliga vigt; man kan bestämma den nämnda värmemängden på flere sätt, t. ex. genom att iakttaga den mängd is, som kroppen smälter under sin afkylning. Jag meddelar här, efter Regnault, en tabell öfver de relativa värmemängder, som nedannämnda kroppar afgifva vid afkylning från 98° till 15°.

Bild 39.

Aluminium..........O.2143

Antimon........... 0,0508

Arsenik............0 osi4

Bly..... ....0,u3i4

Bor.............. 0,2352

Brom.............0,1129

Cadrriium........... 0.0567

Diamant...........0,1469

Fosfor (vanlig)........0,iss7

„ (amorf)........0,1700

Guld 0,0324

Iridium............0,0326

Jern.............0,H38

Jod.............. 0,0541

Kalium............0,1696

Kisel............0,1774

Kobolt............0,io67

Kol.............0,2414

Koppar...........0,0952

Lithium...........0.9408

Magnesium.........0,2499

Mangan...........0,1217

Natrium........... 0,2934

Nickel 0,io86

Osmium...........0,03ii

Palladium.........0,059386

Platina........... 0,0329

Qvicksilfver......... 0,0333

Rhodium...........O.osso

Selen............. 0,0827

Silfver...........0,05?o

Svafvel (nativt).......0,1776

(nyss smält) 0,2026

Tellur............°'ü474

Tenn............°>0562

Thallium . . •........ 0,0336

Vatten...........l.ooso

Vismut........... 0,0308

Volfram........... 0,0334

Zink............. 0.0955.

En enda blick på denna tabell förklarar det i sista försöket iakttagna fenomenet; som man ser, aftaga jernets, kopparns tennets, blyets och vismutens motsvarande tal i ordning efter hvarandra. Vattnets tal är det största af alla.

Benämningarne "värme-kapacitet," "specifikt eller egentligt värme," som man fordom tillade dessa talvärden, må fortfarande bibehållas, ehuru vi naturligtvis numera allsicke förklara saken på samma sätt som då, eller som det större eller mindre belopp af "caloricum," hvilket finnes magasineradt mellan atomerna. Det må ock anmärkas, att en kropps specifika värme är i det närmaste omvändt proportionel mot dess atomvigt, eller m. a. o. att produkten af båda är i det närmaste konstant; en följd af det nyss anmärkta förhållandet, att de lättare atomerna ersätta genom större hastighet sin underlägsenhet i massa.

Jag har mer än en gång påpekat, att de krafter, som äro verksamma i denna atomrörelse, detta inre arbete, äro rentaf oerhörda efter vår vanliga mekaniska måttstock. Upphettas ett skålpund jern från frys- till kok-punkten, utvidgar det sig med jjj af den volym, det egde vid den förra temperaturen; en tillökning. som ej af det skarpaste öga kan upptäckas. Och likväl fordras för att meddela dess atomer den motsvarande rörelsen och flytta dem det obetydliga stycke, som är i fråga, ett kraftbelopp, som skulle höja ungefär 180 centner en fot högt. Tyngdens kraft är nästan försvinnande i jemförelse med dessa molekularkrafter; jordens dragning på jernskålpundet i dess helhet är ett intet mot dess egna atomers inbördes attraktion.

Vattnet erbjuder ett ännu märkvärdigare exempel. Vid + 4° har det, som vi veta, sin största täthet; å båda sidor om denna temperatur utvidgas det. Antag, att ett skålpund deraf upphettas från + 3»° till +41°, d. v. s. en hel grad; det utvidgas dervid icke, molekulernas centra hafva således ej kunnat aflägsnas från hvarandra — och likväl har ju ett arbete af 1426 skålpundfot meddelats detsamma. Det inre arbete, som här förrättats, har tvifvelsutan bestått i någon vridning af vatten-mole-kulerna; det har skilt deras attraherande poler genom någon roterande eller tangentiel rörelse, men lemnat deras centra på hka stora inbördes afstånd vid början och vid slutet.87

Det måste således finnas äfven andra arter af inre arbete än det, som består i att aflägsna atomerna från hvarandra. Ja, ett sådant — och dertill ett ganska betydligt — kan förrättas, under det atomernas centra, i stället att skiljas åt, närma sig hvarandra. Polära krafter, d. v. s. sådana som utgå från vissa punkter af atomerna och verka i vissa rigtningar, uppbygga kristallerna och gifva dem deras symmetriska form; besegrandet af dessa krafter kräfver ock ett förbrukande af värme och kan vara åtföljdt af en volymsförminskning. Vatten och vismut erbjuda, vid sin öfvergång från fast till flytande form, exempel derpå.

De vigtigaste undersökningar öfver gasernas egentliga värme hafva blifvit verkställda af Regnault. Han bestämde såväl de värmemängder, som åtgingo för att höja temperaturen hos lika vigfer af särskilda gaser ett visst antal grader; som ock de, hvilka erfordrades för lika stora volymer. Se här några resultat af hans undersökningar; vattnets egentliga värme är antaget till enhet.

Enkla Gaser.

Egentligt värme.

Lika vigter Lika volymer

Luft......................0,237 ....

Syrgas..........0,218.......0,240

QväfgaS.........0,244.......0,237

Vätgas..................3,409 0,236

Chlor..........0,121.......0,296

Brom....................0,055 .... 0,304.

Vi finna till en början här bekräftad den nyss (sid. 84) dragna slutsatsen om förhållandet mellan vätets, syrets och qväf-vets värmekapaciteter. Men deremot måste vi anse, att lika volymer af dessa gaser innehålla lika många atomer, och att derför värmekapaciteterna af lika volymer måste vara desamma. Så äro de ock i det närmaste, som man ser, för dessa tre gaser, men chlor och brom afvika derifrån rätt betydligt. Detta är ej svårt att förklara; brom är vid vanlig temperatur en vätska, och chlor kan mycket, lätt förtätas till sådan; i båda fallen kommer således atomernas inre dragningskraft med i spelet, och denna kräfver ensam för sig ett visst värmebelopp för att öfvervinnas. Derför äro ock dessa båda gasers kapaciteter större än de förras.

När enkla gaser förena sig till sammansatta, kunna två olika fall inträffa: antingen sker dervid en sammandragning, eller ej. En volym chlor och en vol. väte bilda två vol. chlor-88

väte; men två vol. qväfve och en vol. syre bilda ej tre, utan blott två vol. qväfoxidul. Regnault har funmt, att de sammansatta gaser, vid hvilkas bildande ingen sammandragning eger rum, hafva vid lika volymer samma egentliga värme som väte, qväfve och syre, hvilket deremot ej är fallet med de öfriga.

Sammansatta gaser. — Ingen sammandragning.

Egentligt värme.

Lika vigter. Lika volymer

Qväfoxid........ 0,232 0,241

Koloxid......... 0,245 0,237

Chlerväte........ 0,185 .... 0,235.

3 vol. äro sammandragna till 2.

Kolsyra.........0,217.......0,331

Qväfoxidul....... 0,226 .... 0.345

Vattenånga.......0,4Su.......0,299

Svavelsyrlighet 0,154 0,341

Svafvelväte.......O.243.......0,286

Kolsvafla........0,157.......0,412.

Som vi se, äro i detta sednare fäll värmekapaeiteterna för lika volymer hvarken lika med de enkla gasernas, ej heller inbördes. I förbigående må anmärkas, att vattnets egentliga värme är dubbelt så stort som både vattenångans och isens.

Jemföra vi lika stora rigler, är vattnets eg. värme 1, luftens 0,237, således omkring 4,2 gånger mindre än det förras. Det värme, som ett skålpund vatten afgifver vid en grads temperaturfall, uppvärmer 4,2 M luft en grad. Men vattnet är 770 gånger tyngre än luften; det värme, som en kubikfot vatten afgifver i nämnda händelse, meddelar alltså en grads temperaturförhöjning åt 770.4,2 = 3234 kub. fot luft.

Häraf framgår omedelbart, hvilken modererande inflytelse hafvet måste utöfva på en dervid belägen orts klimat. Sommarens hetta upptages af vattnet och utlemnas så småningom under vintern. Derför erbjuder hvarken den förre eller den sednare sådana temperatur-ytterligheter på en ö, som långt inne på fastlandet. På åtskilliga trakter af kontinenten växa frukter, hvilka den engelska sommaren ej förmår bringa till mognad ; men der saknas å andra sidan våra alltid grönskande träd och buskar; de uthärda ej vinterns köld. Vintern på Island är, säges det, efter regeln mildare än i Lombardiet.

Vi hafva hittills uteslutande betraktat de molekular-för-ändringar, hvilka värmet förorsakar hos fasta kroppar, under det dessa fortfarande förblifva sådana, under det de ej förändra sitt "aggregat-tillstånd." Men enhvar vet, att sådan förändring89

inträffar vid tillräcklig hetta; att de fasta kropparne öfvergå, till vätskor, och dessa i sin ordning till ångor eller gaser. Be-traktom vattnet såsom exempel; antagom, att vi hade här framför oss ett isblock, hvars temperatur vore 10° under fryspunkten; att vi nedsatte deri en termometer och oafbrutet tillförde detsamma värme. Termometerns qvicksilfverpelare stiger hastigt nog till 0°; men stadnar der och förblir stilla, ända tills all isen år smält. Först derefter återtar den sin rörelse; stiger till 30°, 60°, 100°; här frambryta ångbubblor i vätskan, den kokar, och termometern visar allt fortfarande på samma gradtal.

Men både under isens smältning, och under vattnets kokning tillfördes värme oafbrutet; i sjelfva verket åtgå för att förvandla 1 is af 0° till vatten af samma temperatur 79,4 värme-enheter (sid. 27); och för att förvandla 1 7/ vatten af 100° till ånga af samma temperatur ej mindre än 537,2 dylika. Det förra beloppet har sedan gammalt kallats vattnets, det sednare vattenångans latenta värme. De som först varsnade förhållandet, menade nemligen, att det under smältningen eller kokningen tillförda "caloricum" fördolde sig på något mystiskt sätt i vattnets eller ångans atom-mellanrum. För oss betyder det helt enkelt, att värmet öfvergår till potentiel energi hos atomerna. Det är i sak alldeles samma förlopp som upplyftandet af vigten; det är, t. ex. i fråga om ångbildningen, ett aflägsnande af vattnets molekuler från hvarandra; när värmet borttages från ångan, kondenseras den åter, dess molekuler slå åter tillsammans med en dynamisk energi, lika stor som den hvilken användts till deras åtskiljande — och dervid framträder ånyo samma värmebelopp, som förut åtgick till arbetets förrättande.

Smältningen är således helt enkelt ett inre arbete; ångbildningen är ock ett dylikt, men blott till sin största del. Ty här tillkommer äfven ett yttre; vid den ofantliga utvidgning, som vätskan dervid undergår, måste nemligen

atmosferens tryck skjutas betydligt undan *).

Den framstående forskare, hvars namn jag redan flere gånger nämnt, hafva vi äfven att tacka för den första noggranna bestämning af olika brännmaterials värmeförmåga; en bestämning, hvaraf vi straxt skola komma att draga nytta. Rumford fann, enligt hvad Percy i sin metallurgi uppgifver, att genom förbränning af ett skålpund kol, d. v. s. genom dess förening med

*) Noga räknadt, förekommer naturligtvis äfven vid fasta och flytande kroppars utvidgning ett yttre arbete af samma slag... Det är dock försvinnande litet i jemförelse med det inre. O. A.90

*2| % syre till kolsyra, alstrades 8000 värme-enheter; under det att ett skålpund vätgas, vid sin förening med 8 M syrgas till vatten, frambringar 34000 dylika. Nyare undersökningar af Favre och Silbermanu hafva bekräftat detta.

Låtom oss nu följa detta märkvärdiga ämne, vattnet, genom de olika formerna af dess tillvaro! Till en början hafva vi dess beståndsdelar, de fria atomerna af väte och syre, hvilka attrahera hvarandra och stöta tillsammans; det mekaniska värdet af denna atomstöt kan lätt beräknas. De nyssnämnda vätgas- och syrgas-qvantiteterna bilda naturligtvis 9 JK vatten och frambringa dervid 34000 värme-enheter; hvarje sådan är eqvi-valent med 14*26 skålpundfot, och således den ifrågavarande föreningen med 34000. 1426 eller mer än fyrtioåtta millioner skålpundfot. Se der ett nytt exempel på ojemförligheten mellan tyngd- och molekular-krafterna! De afstånd, som skilja atomerna före föreningen, äro omätbart små, men likväl förvärfva dessa atomer, vid tillryggaläggandet af dessa omätbara afstånd, tillräckligt stora hastigheter att kunna störta mot hvarandra med en så oerhörd kraft.

Men våra 9 // vatten befinna sig nu i ångform; denna ånga afkyles till 100° och kondenseras derefter. Vid det nyss nämnda tillfället var det de enkla gasernas atomer, som föllo tillsammans och bildade den kemiska föreningen; nu är det dennas molekuler, som sammanfalla för att bilda en vätska. Det mekaniska värdet af detta förlopp kan också lätt beräknas. Hvarje af de nio skålpunden utvecklar ju 537,s värme-enheter, allesammans följaktligen 4834,s; multipliceras detta med 1426, erhålles som produkt (i rundt tal) 6,900,000 skålpundfot såsom det mekaniska värdet af kondensationen *). Nästa stora fall är från flytande tillstånd till isform, och dess mekaniska värde är, såsom man numera lätt finner, 9 . 79,4 . 1426 = 1,019,019,6 skålp. fot.

Våra nio skålpund vatten störta sig således, under sin uppkomst och vidare ombildning, utför tre stora afgrunder. Det första fallet motsvarar i kraft ett fall af en hundra-centners-tyngd utför en afgrund af mer än 4000 fots höjd; det andra ett fall af samma tyngd utför 690 fot; det tredje dess nedstörtande 100 fot. Jag har sett kolossala stenmassor i Alperna

, Eumfords försök var i sjelfva verket kondensationsvärmet

Z^+lt ffoJbra™ ingsvà»net; afdraga vi derföre det nu sednast nT»vÄ/r«n 6ti n/SS ,forut, uPrøfna' återstå fullt fyrtio millioner skalp.fot såsom det mekaniska värdet af den kemiska förenings-91

störta ned utför klipporna med ett buller, som döfvade åskådaren; jag har ock sett snöflingor sjunka så sakta till jorden, att de fina isnålar, hvaraf de voro sammansatta, ej bräcktes. Och likväl — att ur vattenånga frambringa en så ringa mängd af detta sköra material, som ett barn kan bära, motsvarar en kraftansträngning, tillräcklig att skaffa upp dessa söndersplittrade oerhörda stenmassor till mer än dubbla den höjd, hvarifrån de fallit.

Jag öfvergår nu till några försök beträffande de vid förändringar af aggregat-tillstånd uppträdande värme-fenomenen. Yår termo-elektriska stapel lägger jag omkull på bordet (bild 40) och ställer på dess blottade yta en tunn silfverskål innehållande litet varmt vatten; galvanometernålen går straxt upp till 90° och stadnar sedan på 70°. Derpå strör jag litet pulveriserad salpeter i vattnet och låter den upplösa sig. Äfven den hade, liksom vattnet, blifvit uppvärmd förut, och likväl se vi, att nålen går ned till 0° och derefter ett långt stycke upp på köldsidan. Det var salpeterns öfvergång till flytande form, som absorberade värme och gjorde det "latent".

Jag häller ut lösningen ur skålen, gjuter nytt varmt vatten deri och upprepar försöket med koksalt i stället för salpeter. Verkan blir densamma som nyss, men vida svagare. Vi hafva alltså, i fråga om latent värme, samma

slags olikheter kropparne emellan, som i fråga om specifikt. Äfven socker frambringar samma verkan, men ännu svagare än de båda förra ämnena.

Ni afkyler således Ert the genom att lägga socker deri, och likaså Er soppa genom att deri strö salt. Vore det blott fråga om afkylning, ej om smaken, skulle salpeter vara ändamålsenligare än båda två.

Redan förut en gång hafva vi användt en blandning af sönderstött is och salt för att åstadkomma stark köld. Då dessa ämnen blandas tillhopa, förändra nemligen båda sitt aggregattillstånd, och blandningens temperatur sjunker derför flere grader under fryspunkten. Här är en hel sats urglas; min assistent har insvept hvart och ett i stanniol, hällt några droppar vatten deri, satt dem ihop och derefter omgifvit hela satsen med

Bild 40.en dylik blandning af is och salt. De hafva nu frusit samman

till en fast cylinder.

Nu skall jag visa Er det motsatta förloppet, d. v. s. huru värme utvecklas vid en kropps, nemligen glaubersalts (svafvel-syradt natrons) öfvergång från flytande till fast form. Dock vill jag först ådagalägga, att värme göres latent vid dess upplösning i vatten; sådant sker på alldeles samma sätt som nyss med salpeter och koksalt; stapeln af kyles, som I sen, dervid. Nu till det motsatta försöket!

Denna stora glaskolf B (bild 41) med sin långa hals är fylld med en lösning af glaubersalt. I går löste min assistent saltet i varmt vatten och fyllde kolfven dermed; mynningen täcktes omsorgsfullt med ett stycke blåsa, och flaskan har sedan stått alldeles stilla under natten. I sjelfva verket är lösningen deri nu öfver-mättad. Det varma vattnet löser nemligen mer än det kalla, men oaktadt det nu svalnat, har på grund af de anförda försigtighets-mátteii saltet ej afskilt sig; man måste blott hålla flaskan alldeles stilla och akta, att ingenting får falla ned i vätskan. (På sådant sätt kan man ock afkyla vattnet åtskilliga grader under 0°, utan att det fryser). Saltpartiklarne i denna lösning befinna sig, kan man säga, på randen af en afgrund, och för att störta dem dit behöfver man blott nedsläppa en liten saltkristall, stor som ett sandkorn, i lösningen. Aktgifven nu på förloppet — ännu är vätskan genomskinligt klar; jag släpper ned kristallen, men den sjunker icke; saltmolekuler hafva slutit sig samman om den, bildande en fast kropp, hvari den ligger inbäddad. Och nu framskrider detta atomernas fjättrande allt mer och mer; stelnandet fortgår kolfvens hals utföre. Den termo-elektriska stapelns blottade sida berör kolfvens konvexa yta, och galvanometernålen visar på 0°. Kristallisationen har ännu ej uppnått trakten näst framför stapeln, men den nalkas dit — och nu stelnade saltet just der, atomernas potentiela energi öfvergick till aktuel, värmet meddelade sig genom glaset åt stapeln, och nålen går genast upp till 90°.

Bild 41.93

I dessa försök hafva vi sysselsatt oss med vätskornas latenta värme; låtom oss nu öfvergå till ångornas, till den värme som förbrukas till potentiel energi, när en kropp öfvergår från flytande till gasformigt tillstånd. Jag lägger omkull stapeln likasom nyss, ställer silfverskålen derpå och häller deri litet svafvel-ether, en mycket flygtig vätska, som förut blifvit något uppvärmd. Nålen rör sig, angifvande värme; men knappt har den uppnått 90°, förrän den genast vänder, går ned till 0° och derpå häftigt upp på köldsidan. Ethern afdunstade nemligen så hastigt, att den först absorberade sitt eget värme och derpå drog sådant från stapeln. Använder jag alkohol i stället för ether, erhålles samma effekt, men den inträder nu mycket långsammare, emedan alkoholen är mindre flyktig; afdunstningen kan emedlertid påskyndas medelst en pust, Om vatten gäller detta i ännu högre grad.

Man begagnar med fördel oglaserade lerkärl för att hålla vatten friskt; det sipprar ut genom kärlets vägg, bildar en dagg på dess yta och afdunstar synnerligen lätt i detta flntfördelade tillstånd; dervid drager det värme från den inneslutna vätskan. Smörkylare konstrueras efter samma princip.

Genom ångbildning kan vattnets afkylning drifvas så långt, att det tillochmed stelnar till is. Detta sker i den af Wollaston uppfunna kryophoren (bild 42). Denne utgöres af tvenne glas-

Bild 42.

kulor, hvilka till en del äro fyllda med vatten och sinsemellan förbundna med ett glasrör. Innau apparaten

igensmältes, ut-drifves luften derur, derigenom att vattnet hålles kokande i den ena kulan. I hören, hur vätskan faller mot glaset med en hård stöt, alldeles som i pulshammaren.

Jag låter nu allt vattnet rinna ner i kulan A, nedsätter den i ett tomt glas, för att skyddas mot luftdrag, och den andra tomma kulan i en köldblandning. Den från vattnet i A upp-94

stigande ångan kondenseras genast af kölden, ny ånga utvecklas derför genast, och sålunda afkyles vätskan oupphörligt. Om 15—20 minuter har den förvandlats till en iskaka. Se här en sådan, som bildat sig i en annan dylik apparat, hvilken för en halftimme sedan sattes i verksamhet,

Men det mest slående exempel på värmets förvandling till latent lemnas dock af den kropp, som jag har innesluten i denna starka jernflaska. Denna kropp är flytande kolsyra, erhållen genom stark sammantryckning och afkylning af den vanliga kolsyregasen. Öppnar jag kranen på flaskan, upphäfves trycket på vätskans yta; den kokar, eller rättare brister häftigt sönder till gas, och denna utströmmar våldsamt genom öppningen. I kunnen följa denna ström genom luften; hvita flingor synas blandade dermed, hvilka utblåsas 8—10 fot långt bort, Hvilket är väl detta hvita ämne? Det är Jcolsyre-snö; den köld, som utvecklas genom vätskans plötsliga öfvergång till gas, är så intensiv, att en del af den förra stelnar till fast form och blandar sig i små flingor med den utströmmande gasen. Man kan uppsamla denna snö; här är ett cylindriskt kärl med två ansatsrör, hvarigenom vi låta strömmen draga fram en liten stund. Derpå öppnar jag det, och I sen det fullt af fast hvit kolsyra.

Denna fasta kropp försvinner blott småningom; dess afdunstning försiggår helt långsamt, emedan den ej så hastigt kan hemta det dertill nödiga värmet från sin omgifning. Man kan hålla den i handen, men trycker man den, förbrännes huden genast, liksom af ett glödande jern. Jag nedsänker en del i vatten och håller det fast der; bubblor af kolsyregas uppstiga derifrån. Jag kan tillochmed taga ett stycke i munnen — huru det är möjligt, skall längre fram förklaras — men måste derunder akta mig för att draga andan. Andas jag deremot utåt på ett ljus, släckes detta genast af gasen.

Vatten kan ej smälta denna snö, men svafvel-ether kan det; jag gjuter en del ether derpå och erhåller sålunda en degig massa, som har en utomordentlig afkylningsförmåga. Här äro några tjocka glasbitar, bottnar af gamla dricksglas; jag lägger litet fast kolsyra derpå och fuktar den med ether. I hören, hur det knäpper i glaset; det sprängdes af den oerhörda kölden.

I denna skål ligger ett pappersblad, och derpå är häldt 1—2 7/ qvicksilfver. Jag lägger litet fast kolsyra derpå och gjuter deröfver något ether. Qvicksilfret stelnar, ehuru det som bekant kräfver nära fyrtio graders köld dertill. Här är den frusna massan; den kan hamras och skäras med knif. En metalltråd har fått frysa fast i qvicksilfret, för att det må kunna lyftas ut; jag tar ut det och sänker det ned i ett glas vatten.95

Det smälter och rinner ned genom vattnet; men kring hvarje qvicksilfvertråd bildar sig ett rör af is. Och nu tror jag, att I fått tillräckligt begrepp om hvad latent värme vill säga.

Derefter vill jag^göra Er bekanta med ett slags egendomliga företeelser, som stå i nära sammanhang med ångbildningen. På bordet står en stor porslinsskål, B (bild 43) fylld med vatten, och här är en liten lätt skål S af tunnt silfverbleck, som jag upphettar till stark rödglödning öfver lampan. Om jag derpå sätter ned den på vattnet, hvad skall då följa? 1 skolen sannolikt svara, att skålen kommer att genast meddela sin hetta åt vätskan och afkylas till dess temperatur. Men intet sådant inträffar. Silfret utvecklar nemligen uncler en icke så kort stund en tillräcklig mängd ånga under sig för att skyddas mot omedelbar beröring med vattnet, eller för att uttrycka oss i enlighet med vår ofvan utvecklade hypotes: Det lyftes genom atomprojektilernas åter-studsning mot dess undersida. Så fortgår det, ända tills skålens temperatur sjunkit så mycket, att den ej längre förmår frambringa ånga af tillräcklig spänstighet att uppbära den. Då först kommer den i beröring med vätskan, och genast höres den välbekanta fräsning, som alltid uppkommer, när en het metall ned-doppas i vatten, hvarjemte ett ångmoln bildas.

Vi vända nu om försöket och i stället att lägga skålen på vattnet, hälla vi det sednare i den förre, sedan den först upphettats till stark glödning. Intet kokningsbuller höres, intet fräsande af vattnet, då det faller på den heta

metallen; droppen rullar, så till sägandes, ofvanpå sin egen ånga. Nu tar jag bort lampan och låter skålen svalna; så fort som ångans spänstighet ej längre förmår bära vätskan, uppstår en häftig kokning, och allt vattnet förvandlas på några sekunder till ånga.

I kunnen ej från Edra platser se den tillplattade vätske-sferoiden rulla omkring i skålen, men jag vill dock försöka att visa Er den. För detta ändamål låter jag en stark ljusstråle från den elektriska lampan falla derpå, håller en glaslins deröfver och kastar sålunda en förstorad bild deraf på denna skärm. Der är den nu (bild 44), fullt tydlig och halfannan fot i diameter; randen är vackert inskuren och dallrar, hela droppen formar sig sålunda till en rosett. Ty derunder utvecklas ånga oupphörligt, och denna bryter sig ut på sidorna i regelmässiga

Bild 43.96

Bild 44.

pulsslag — detta på grund af skålens kupighet, ty hvilade droppen på ett plant undèrlag, skulle ångan bryta sig fram i dess midt.

Sätter jag litet bläck till vattnet, blir bildens kontur tydligare, men dess perlglans försvinner. Nu aflägsnar jag värmekällan; dallrandet fortfar ännu några ögonblick, men aftager småningom, randens inskärningar försvinna. Nu ligger droppen alldeles stilla, ännu ett par sekunder — och den kokar våldsamt bort, ty beröring med metallen har egt rum, och det "sferoidala tillståndet" är förbi.

Jag lägger silfverskålen med bottnen uppåt framför den elektriska lampan och kastar medelst linsen en bild deraf på skärmen: derefter doppar jag denna lilla svamp i alkohol och kramar den öfver den kalla skålen, så att dropparne falla ned derpå; I sen deras förstorade bilder på skärmen och märken, att när de träffa den upp-och ned-vända skålen, breda de sig ut och drypa långsamt ned från

densamma. Men låtom oss nu upphetta skålen medelst en spritlampa! Se nu hur det går; när dropparne falla ned på den heta metallen, breda de sig icke ut, utan rulla öfver dess yta som kulor (bild 45). De studsa mot den och hoppa upp, som hade de fallit på elastiska fjädrar, och detta är äfven i sjelfva verket händelsen. Hvar droppe utvecklar, när den träffar den heta ytan, ånga, som lyfter upp den och sålunda bevarar dess sferiska eller sferoidiska form.

Bild 45.r

Bild 46.

Den apparat, I här sen, (bild 46) har blifvit konstruerad af Poggendorff för att riktigt tydligt ådagalägga, att mellan den sferoldala droppen och metallen ingen beröring eger rum. Från silfverskålen B, som är ämnad att bära droppen, är metalltråden iv dragen omkring denna galvanometernål; den andra ändan af galvanometertråden är förbunden med ena polen af den elektriska stapeln A. Från stapelns andra pol är tråden w' förd till den rörliga armen ah af denna retorthållare R. Jag upphettar nu skålen, häller litet vatten deri och sänker armen ah med dess tråd såpass, att spetsen af den sednare doppar in i den sferoldala vätskan; likväl synes ingen rörelse hos galvanometernålen, ingen elektrisk ström går igenom, ty det tinnes en lucka i ledningen — just afståndet mellan skålen och droppen. Men nu släcker jag lampan; det sferoldala tillståndet upphör inom kort, och då inträder beröring. Nu skedde det, och galvanometernålen gör genast utslag.

Men icke nog härmed, man kan tillochmed se det ifrågavarande mellanrummet. En ensam person kan göra det sålunda. Man tar en flat skål B (bild 47) och vänder den upp och ned; dess botten måste vara något tillbucklad, för att droppen ej må trilla af. Den upphettas öfver lampan, och derefter häller man derpå litet bläck, blandadt med alkohol. En platinatråd ah spännes i vertikal ställning bakom och försättes i glödning genom en derigenom gående elektrisk ström. Håller man derefter ögat i jemnhöjd ined droppens cl undre yta, ser man ganska väl den glödande tråden genom mellanrummet mellan vätskan och skålen.

Bild 47.

Jag vill visa Er detta mellanrum. Jag ställer den upphettade0 skålen B (bild 48), som sagdt, med bottnen uppåt

Bild 48.

framför den elektriska lampan och gjuter försigtigt droppen cl ur en pipett c derpå. När linsen inställes riktigt derframför, sen I på skärmen mellan droppen och silfret en klar ljusstrimma, som visar, att det elektriska ljuset har gått fram mellan båda.

Det nu afhandlade "sferoidala tillståndet" upptäcktes först af Leidenfrost, och många andra försök häröfver kunna anställas. Man kan tillochmed låta en vätska rulla på en annan. Här är en rödglödande kopparkula, som jag neddoppar i ett kärl med99

varmt vatten; ett tydligt hväsande höres, beroende på den utvecklade ångans bortströmmande; men ännu eger ingen beröring rum. Men låtom blott några ögonblick förflyta, så inträffar sådan, och kokningen blir så häftig, att vattnet utkastas ur kärlet åt alla håll.

Boutigny har i nyaste tider anställt intressanta undersökningar öfver detta ämne och uppdagat åtskilliga, i sammanhang dermed stående, märkvärdiga företeelser. Om Ni fuktar handen, kan Ni utan olägenhet föra den genom en ström af smält metall. Jag har sett Boutigny sjelf göra det, och tillochmed kasta med sina fingrar den flytande metallen ur en degel. En smed kan slicka hvitglödande jern med tungan utan att bränna den. Tungan skyddas nemligen genom den af dess fuktighet utvecklade ångan från beröring; och i sjelfva verket var det ock den af kolsyresnön utvecklade gasen, som nyss skyddade mig, när jag tog den i munnen. För sin del tror Boutigny, att åtminstone mången lycklig utgång af de under medeltiden använda eldprofven är att tillskrifva samma skyddande inflytelse. Deremot vill jag anmärka, att den af B. sjelf uppställda förklaringen af de sferoidala fenomenen ej blifvit af vetenskapsmännen antagen.

Äfven ångpannors explosion tillskrifver man denna företeelse; man menar, att den plötsliga utvecklingen af ånga vid vattnets beröring med den heta plåten förorsakar sprängning. Dessvärre veta vi om dessa saker vida mindre, än vi borde. Genom försök har man kommit åtskilliga förhållanden på spåren, hvilka visserligen kunna vara mäktiga nog att framkalla dessa förfärliga katastrofer: men om och till hvilken grad de verkligen äro med i spelet, har vetenskapen ännu ej förmått utreda. Här är emedlertid ett experiment till frågans belysning. Halsen af detta kopparkärl v (bild 49) kan tillslutas med en kork, genom hvilken ett smalt öppet glasrör är draget. Kärlet upphettas till glödning, och deri gjutes sedan litet vatten, som antager sferoidalt tillstånd. Derpå isättes korken, och den obetydliga ånga, som vattnet i detta tillstånd utvecklar, bortgår ledigt genom röret. Men får kärlet kallna under en eller två minuter, så att vattnet kommer i beröring dermed, så utslungas korken ett långt stycke, liksom af en krut-explosion.

Det sferoidala tillståndet bereder oss ock möjlighet att, så otroligt det än låter, bringa vätskor att frysa i rödglödande kärl. Boutigny lyckades först att bringa vatten till frysning i en glödande degel medelst svavelsyrlighet; Faraday gjorde detsamma äfven med qvicksilfver, genom användning af fast kolsyra. Jag skall eftergöra hans försök här, men börjar med vatten.

7*100

Bild 49.

Denna ihåliga messingskula består af två sammanlödda halfvor och är fylld med vatten; en metalltråd är fastskrufvad dervid såsom handtag. Nu upphettar jag en platinadegel till glödning och lägger deri några bitar fast kolsyra. När ether gjutes derpå, kommer blandningen ej i beröring iped degeln, ty ett elastiskt fodral af kolsyregas lägger sig emellan. Jag nedsätter messings-kulan försigtigt på denna massa, lägger yttermera kolsyresnö derpå och fuktar den med ether. Denna deg förblir, trots den omgifvande hettan, utomordentligt kall; nu hördes en smäll — (let var det frysande vattnet, som sprängde kulan i dess två hälfter; och här sen I den fasta

isbollen derinuti.

För att få qvicksilfver att frysa, tar jag det i en liten kägelformig sked af koppar och sätter ned denna i degeln, omgifvande den med samma blandning som nyss. Ethern der t.ar eld, hvilket just icke var afsedt; kolsyregasen borde egentligen hafva skyddat- den från antändning. Men det gör ingenting; qvicksilfret fryser ändå midt i lågan, hvars närvaro endast förhöjer effekten.

Bihang till kap, V. Om naturkrafternas förvandling.

„ Jag meddelar här ur ett tidigare arbete "Faraday såsom upptäckare" några anmarkmngar, som möjligen kunna vara af gagn för läsaren.101

Hela det förråd af energi eller arbetskraft, som finnes i verlden, består af attraktioner, repulsioner och rörelser. Om de båda förra befinna sig i sådana förhållanden, att de kunna frambringa rörelse, äro de upphof till energi, men eljest icke. För enkelhets skull inskränka vi vår betraktelse till den förstnämnda. Den attraktion, som eger rum mellan jorden och en på afstånd från dess yta befintlig kropp, är en orsak till energi, ty kroppen kan röras genom densamma och under sitt fall till jorden förrätta ett arbete. Hvilar den deremot på jordytan, är attraktionen ej längre något upphof till energi, ty ingen rörelse kan ega rum; men den verkar ändock såsom en kraft, hvilken håller jorden och tyngden tillsammans.

Alldeles detsamma gäller om attraherande atomer och molekuler. Så länge de skiljas åt genom ett afstånd, kunna de röra sig deröfver på grund af attraktionen, och denna rörelse kan genom lämpliga medel tvingas till att förrätta arbete. Om t. ex. två atomer väte förena sig med en atom syre till vatten, dragas dessa atomer först mot hvarandra — de röra sig, slå ihop och. på grund af sin elasticitet, studsa de tillbaka och dallra. Denna dallring är värme: den är ingenting annat än en ny form af den rörelse, som den kemiska affinitetcn åstadkom; och endast i den här anförda betydelsen kan man säga, att denna affinitet förvandlats till värme. Vi må ej föreställa oss, att sjelfva denna kemiska attraktion förstöres eller förvandlas till någonting annat; den sammanhåller allt fortfarande atomerna till en vättenmolekul. Det enda, som verkligen förlorats eller uppoffrats, är sjelfva dragningen genom den sträcka, med hvilken afståndet mellan atomerna minskats.

Det är också endast i den här anförda meningen, man är berättigad att säga, det tyngdkraften kan förvandlas till värme; den är i och för sig en lika oförstörbar kraft som den kemiska affini-teten. Får den under en viss sträcka utöfva sin verksamhet på en kropp, slår denna med en viss hastighet mot jorden, och värme utvecklas — men tyngdkraften förstöres alldeles icke. Attraktionen mellan kroppen och jorden existerar lika väl efter som före sammanstötningen; hela skilnaden är blott, att den numera ej kan åstadkomma rörelse.

Med tankens blick följa vi lätt den förvandling, som den nyss existerande rörelsen undergått. Massans framåtskridande har upplöst sig i molekulernas dallring.

Vi kunna vända 0111 detta förlopp; vi kunna, t. ex. genom förmedling af det elastiska fluidum i en ångmaskin, använda dessa molekular-dallringar till att lyfta en tyngd. Man säger ofta, att värmet dervid förvandlas till kraft, men i sjelfva verket förvandlas det till potentiel energi. Det skapar ingen ny attraktion: det meddelar blott åt den förut existerande förmåga att utöfva sin verksamhet, nemligen i det mellanrum som genom tyngdens upplyftande lägges mellan densamma och jorden.

Om sjelfva attraktionens innersta väsende, om den egenskap hos materien, som sätter den i stånd att draga till sig annan materia, känna vi intet, och våra nuvarande undersökningar hafva i sjelfva verket intet att skaffa med denna fråga. Teorien 0111 energiens oföränderlighet antager attraktionen såsom ett faktum; den säger oss blott, att arbetskraft kan existera dels under form af rörelse, dels under form af kraft — men nemligen med ett visst afstånd, inom hvilket den kan verka. Det förra är dynamisk, det sednare potentiel102

energi, och lagenom ^urkrafternas "^f^ ™ |^ÄÄÄtti att summan af båda är oföränderlig.

KAP. VI.

Varm lufts rörelse. - Vindar. - Öfre och nedre passaden. - Jordrullningens inflytande på vindrigtningen. —

Vattenangans inflytande på klimatet. — Europa är kondensator för det vestliga Atlauterhafvet. — Regnmängd i Irland. — Golfströmmen. — Snöns bildning. — Isens bildning ur snö. — Gletscher och deras rörelse. — Regelation. — Isens formande medelst tryck. — Istidens gletscher.

Denna dags föreläsning vill jag egna åt betraktandet af några bland de värme-fenomen, hvilka uppträda i stor skala i naturen, och bland dessa, i främsta rummet åt vindarne.

Sen dessa gasbrännare här uppe i taket; deras ändamål är att befordra ventilationen härinne. Den af lågorna upphettade luften vidgas, uppstiger och strömmar ut i vertikal rigtning; frisk luft måste inströmma från andra håll för att ersätta bristen. Se der ett fall, der luftrörelse frambringas af värme; ett annat exempel i samma väg erbjuda alla våra kakelugnar, der draget åstadkommes af brasans hetta.

Jag antänder en bit papper, och lågan stiger rätt upp; jag utblåser den, men det heta papperskolet uppvärmer ännu luften och frambringar de strömmar, som föra röken uppåt. Jag släpper det rökande papperet ned i en stor glasflaska och sätter i proppen; röken uppstiger i midten, breder sig ofvantill ut at sidorna och sjunker ned som en moln-kaskad utefter flaskans väggar.

Jag upphettar en eldgaffel eller skyffel till dunkel glödning och håller den i luften; man kan ej se de uppstigande strömmarne, men de röja dock sin närvaro i ett starkt ljus. Hålles nemligen jernet i solskenet, så att det får kasta sin skugga på en hvit skärm, så utmärka de dallrande linierna af ljus och skugga deras rigtningar. 102

energi, och lagenom ^urkrafternas "^f^ ™ |^ÄÄÄtti att summan af båda är oföränderlig.

KAP. VI.

Varm lufts rörelse. - Vindar. - Öfre och nedre passaden. - Jordrullningens inflytande på vindrigtningen. —
Vattenangans inflytande på klimatet. — Europa är kondensator för det vestliga Atlauterhafvet. — Regnmängd i Irland. — Golfströmmen. — Snöns bildning. — Isens bildning ur snö. — Gletscher och deras rörelse. — Regelation. — Isens formande medelst tryck. — Istidens gletscher.

Denna dags föreläsning vill jag egna åt betraktandet af några bland de värme-fenomen, hvilka uppträda i stor skala i naturen, och bland dessa, i främsta rummet åt vindarne.

Sen dessa gasbrännare här uppe i taket; deras ändamål är att befordra ventilationen härinne. Den af lågorna upphettade luften vidgas, uppstiger och strömmar ut i vertikal rigtning; frisk luft måste inströmma från andra håll för att ersätta bristen. Se der ett fall, der luftrörelse frambringas af värme; ett annat exempel i samma väg erbjuda alla våra kakelugnar, der draget åstadkommes af brasans hetta.

Jag antänder en bit papper, och lågan stiger rätt upp; jag utblåser den, men det heta papperskolet uppvärmer ännu luften och frambringar de strömmar, som föra röken uppåt. Jag släpper det rökande papperet ned i en stor glasflaska och sätter i proppen; röken uppstiger i midten, breder sig ofvantill ut at sidorna och sjunker ned som en moln-kaskad utefter flaskans väggar.

Jag upphettar en eldgaffel eller skyffel till dunkel glödning och håller den i luften; man kan ej se de uppstigande strömmarne, men de röja dock sin närvaro i ett starkt ljus. Hålles nemligen jernet i solskenet, så att det får kasta sin skugga på en hvit skärm, så utmärka de dallrande linierna af ljus och skugga deras rigtningar.103

Antänder man en bit svafvel i en jernsked och doppar ned den i ett stort glaskärl, fullt af syrgas, blir förbränningen ytterst häftig och praktfull, och gasen försättes i våldsam rörelse. Svafvelröken bereder Er tillfälle att med ögat följa rigtningarne af de stormar, som rasa derinne. Jag säger med flit "stormar", ty de förfärligaste orkaner, som någonsin härjat jorden, äro intet annat än exempel i stor skala på samma slags rörelse, som försiggår inom glaskärlet.

Från solens värme härröra alla vindar. Vi lefva på bottnen af ett lufthaf, som lätt genomsläpper solstrålarne och nästan alls icke stores af deras omedelbara verkan. Men när dessa strålar falla på jordytan, uppvärma de den; när de intränga i verldshafvet, åstadkomma de afdunstning. Och den luft, som hvilar närmast öfver jorden, tager till

sig dess värme och stiger upp; vattenångan från oceanen gör så med och förer dervid sannolikt luft med sig. Der strålarne falla vinkelrätt necl mot ytan, d. v. s. mellan vändkretsarne, blir naturligtyis upphettningen starkast; här isynnerhet uppstiga alltså luftströmmar, som liyta norrut och söderut mot polerna, under det polartrakternas kalla luft strömmar mot eqvatorn för att fylla den uppkomna bristen. Så vidmakthålles ett ständigt kretslopp.

Se här ännu en illustration dertill i liten skala; öppna en kall vinterdag dörren mellan Ert varma rum och en kall förstuga, och håll ett brinnande ljus i dörr-öppningen! Håller Ni ljuset vid golfvet, blåses dess låga häftigt inåt; håller Ni det högst uppe, blåses den utåt; i midten stiger den rätt upp. Här hafva vi alltså två olika vindar, strömmande ofvanpå hvarandra i motsatta rigtningar. Så ock i stort på vår hemisfer: en ström från eqvatorn går i de högre regionerna mot polen, en annan flyter längsefter jordytan i motsatt led. Dessa "äro den öfre och den nedre passaden.

Vore jorden stillastående, skulle den förra af dessa blifva en rakt sydlig, den andra en rakt nordlig vind. Men nu rullar jordklotet kring sin axel från vester mot öster, verkställande ett omlopp på tjugufyra timmar, och i denna rörelse deltager naturligtvis det skal af luft, som omgifver detsamma. En luftpartikel vid eqvatorn föres sålunda framåt med en fart af omkring 155 mil i timmen. Men Ni har nog sett, hvad som inträffar, när en person oförsigtigt hoppar ut ur en framilande vagn; han delar dess hastighet och slungas, i samma ögonblick hans fötter beröra jorden, våldsamt framåt i rörelsens riatninc.

T n • n

Ju mer man, aflägsnar sig från eqvatorn, desto mindre blir den ofvannämnda rullningshastigheten; den är proportionel mot radien i den latituds-cirkel, vid hvilken man befinner sig, och således104

noll vid polen. Tanken Er då en person plötsligt öfverförd från eqvatorn till en plats, der rullningshastigheten är blott 145 md i timmen; i det ögonblick han berör jorden, skulle hän slungas österut med en fart af 10 mil i timmen, d. v. s. just skilnaden mellan de båda hastigheterna.

Det går på samma sätt med den luft, som öfverföres från eqvatorn till nordligare nejder; den har en ständig sträfvan att draga sig österut och afböjes ditåt alltmer, ju längre den kommer. Från att vara en rakt sydlig vind, öfvergår den till sydvestlig, och derefter alltmera till vestlig. Motsatsen inträffar med den från polen kommande strömmen; den uppnår alltjemt trakter med större rullningshastighet; den liksom mötes af jorden, och öfvergår sålunda från nordlig till nordostlig, samt närmar sig alltmera till östanvind, ju mer den nalkas eqvatorn.

Om den nedre passaden hafva isynnerhet våra sjömän sedan nära fyra århundraden förvärfvat tillräcklig erfarenhet. Men äfven om den öfres tillvaro hafva vi ej blott genom dessa teoretiska slutledningar erhållit kunskap; ofta synas mellan vändkretsarne moln drifva högt uppe i luften i en rigtning, rakt motsatt den vid jordytan ständigt herrskande vindens. Kunde vi afskjuta en lätt kropp tillräckligt högt upp att genomtränga den nedre strömmen och nå den öfre, skulle vi af dess rörelse kunna sluta till vindens. Menskokraft förslår ej till experimentet, men det har icke desto mindre verkligen blifvit gjordt; aska har utkastats från vulkaner tillräckligt högt, att man af de ställen, der deri sedermera nedfallit, kunnat förvissa sig om clen öfre passadens tillvaro. I sina "Witterungsverhältnisse von Berlin" berättar Dove: "Under natten efter d. 30 April 1812 hördes på Barbados ett dunder, liknande det af groft artilleri, så att garnisonen i Fort St. Anna hela natten var under vapen. I dagbräckningen d. I Maj var östra delen af himlahvalfvet klar, men det öfriga af firmamentet öfverdraget af ett svart moln, som hastigt framskred österut, fördunklade solen och åstadkom ett sådant mörker, att man i rummen ej ens kunde se fönstren. Derur nedföll ett askregn, som böjde eller afbröt trädens grenar. Hvarifrån kom det väl? För att döma af vindens rigtning, skulle man tro, att det härstammade från Piken på Azorerna; men i sjelfva verket kom det från vulkanen Morne Garou, på St. Vincent, som ligger nära 15 mil vesterut från Barbados. Askan hade blifvit kastad upp i den öfre passaden. Ett annat exempel i samma väg timade d. 20 Januari 1835. Den 24:de och 25:te i samma månad fördunklades på Jamaica solen af ett105

åskmoln, som hade utkastats ur berget Coseguina *), beläget öfver 100 mil derifrån. Denna aska kunde endast genom den öfre strömmen hafva ditförts, ty Jamaica ligger i nordostlig rigtning från berget. För öfrigt gifver

detta utbrott ett vackert bevis på tillvaron af de motsatta strömmarne, ty aska nedföll också i stilla oceanen på skeppet Conway, som befann sig omkring 100 mil sydvest från Coseguina".

"Ej ens på Andernas högsta toppar", fortfar Dove, "har någon resande ännu uppnått den öfre passadens region. Deraf kan man sluta till häftigheten af dessa utbrott; också voro de båda gångerna förfärliga".

Här är en jordglob, på hvilken jag med handen följer två meridianer. Vid globens eqvator är deras inbördes afstånd en fot, hvilket motsvarar vidpass 150 mil på jordytan. Men dessa meridianer närma sig hvarandra, ju längre vi gå norrut och träffas slutligen vid polen. Följaktligen skulle den luft, som i trakten af eqvatorn uppstiger mellan dessa meridianer, inklämmas i en alltjemt afsmalnande strömbädd, ifall den ginge direkt mot polerna. Vore jorden en cylinder i stället för en sfer, skulle en regelbunden luftströmning försiggå från cylinderns midt till dess ändar, och en motsatt dylik från hvardera ändan till midten; men sådant är nu ej möjligt, helt enkelt derföre att polartrakten ej kan inrymma all luften från eqvatorn. Derför måste den afkylda luftströmmen från eqvatorn sänka sig ned, och den återgående strömningen börja, långt förrän polerna uppnåtts, och detta försiggår mer eller mindre oregelbundet. De båda vindarne blåsa, i stället för ofvanpå hvarandra, ofta nog sida vid sida; de bilda floder af luft med ständigt vexlande bäddar.

Emedlertid hafva vi här de båda hufvudströmmarne i vår atmosfer, om också i verkligheten betydligt modifierade genom den oregelbundna fördelningen af land och vatten. Vindar af mindre utsträckning uppträda ock, framkallade genom lokala inflytelser af värme, köld och afdunstning; sådana äro de, hvilka stundom nedstörta med härjande våldsamhet genom Alpernas klyftor, eller sakta nedflöda med behaglig svalka från gletscherna; sådana äro ock de vid hvarje kustort välbekanta sjö- och landbriserna, hvilka bero af den vexlande dag- och natt-temperaturen. Förmiddagssolen uppvärmer nemligen landet starkare, framkallar sålunda deröfver en uppstigande ström, och luften öfver hafvet rör sig inåt; om aftonen afkyles deremot genom värme-utstrålningen landet mer än vattnet, och förhållandet blir

*) 1 trakten af Nicaragua i Central-amerika.106

sålunda omvändt; den tyngre luften öfver landet flyter då

utåt hafvet. , , .

På det sätt, jag här ofvan beskrifvit, föres alltsa en del at den eqvatoreala zonens hetta mot polerna, och sålunda åvägabringas medelst atmosferen en jemnare fördelning af värmet öfver jordens yta. Men på sin resa mot polerna beledsagas luften af ett annat ämne, af vattenånga, hvilken som bekant är lika genomskinlig som den förre. Båda utvidgas vid uppstigandet från den tropiska hafsytan; vid 16000 fots höjd har bådas volym fördubblats. Men för vinnande af utrymme dertill måste de, medelst sin elastiska kraft, skjuta undan den omgifvande luften; ett arbete utföres sålunda, och detta medför naturligtvis en sänkning af deras ursprungliga temperatur.

Den sålunda afkylda ångan förmår ej längre bibehålla sin gasform. Den utfälles och bildar moln; dessa falla ned som regn, och just i eqvatorstrakten, i det s. k. stilla bältet, der luften först befrias från sin vattenbörda, är ock regnmängden utomordentlig. Men solen stadnar ej alltjemt vertikalt öfver samma parallelcirkel; den är än norr, än söder om eqvatorn, mellan densamme och vändkretsarne. Står solen söder om "linien", befinner sig den norr derom belägna jordytan ej längre inom vindstillans region, utan sopas af den norra, mot vindstillan strömmande passaden. Denna luftström är ingenting mindre än fuktig; emedan den flyter från kallare trakter till varmare, uppsuger den tvärtom girigt vatten, hvarhelst det anträffas. Således måste hvarje ort mellan vändkretsarne hafva sin torra årstid och sin regntid; den förra, när solen befinner sig på motsatta sidan om eqvatorn; den sednare, när hon står rätt öfver den ifrågavarande orten.

Men småningom sjunker, som sagdt, den öfre strömmen, ju mera den afkyles, mot jorden. Redan vid Piken på Teneriffa har den sänkt sig under bergets topp: under det passaden blåser nere vid foten, träffar bergvandraren ej sällan högre upp den eqvatoreala vinden. Slutligen uppnår, längre norrut, denna öfre ström sjelfva jordytan; Europa öfverflytes till sin största del af densamma. Här i London t. ex. herrska ju syd-vestvindar under nära tre fjerdedelar af året. Och märken det inflytande, som detta förhållande utöfvar på vårt klimat! Den tropiska

oceanens vattenånga kommer till oss, rustad med po-tentiel energi; med sina molekuler åtskilda, och således i stånd att slå tillsammans och frambringa värme genom sin stöt; den kommer, om I föredragen det uttrycket, lastad med latent värme. I vår atmosfer försiggår dess kondensering, och det deraf utvecklade värmet är en hufvudorsak till vårt klimats mildhet.107

Rullade ej jorden omkring, skulle vi alltjemt hafva de heta torra vindarne från Afrika öfver oss, men tack vare denna rullning, är det luften från mexikanska viken, som ledes öfver Europa. Vår verldsdel bildar förlaget för dessa massor af latent värme, som samlas i vestra Atlanten; de brittiska öarne få en högst betydlig del deraf på sin lott, och denna omständighet bidrager jemte en förut redan omtalad — vattnets höga egentliga värme — att bevara vårt klimat för temperatur-ytterligheter, att göra våra fält gröna och framkalla rosor på de engelska flickornas kinder.

En annan egenskap hos detta märkvärdiga ämne, vattenångan, af hvilken dess meteorologiska inflytande sannolikt ännu mer beror, skall framdeles omtalas *).

Färdas vi österut i Europa, blir beloppet af kondenserad ånga allt mindre, och luften allt fattigare på fuktighet. Ja tillochmed mellan de vestra och östra kusterna af våra egna öar märkes en tydlig skilnad i nämnda hänseende; äfven lokala omständigheter utöfva betydligt inflytande. Dr Lloyd har funnit, att den årliga medeltemperaturen på Irlands vestkust är ung. l,i° högre än på den östra vid samma breddgrad. Samme forskare har äfven iakttagit det regnbelopp, som under hela året 1851 föll på omkring tjugu olika ställen af ön, och gör med afseende på dessa iakttagelser följande anmärkningar:

"1. Att betydlig olikhet eger rum mellan regnmängderna på de olika stationerna, hvilka nästan alla äro belägna blott några fot öfver hafsytan; den största regnmängden (vid Cahir-civeen) är nära tre gånger så stor som den minsta (vid Portar lington) ;"

"2. Att de stationer, der minsta regn faller, äro belägna antingen inne i landet eller på ostkusten; de våtaste deremot vid eller nära vestkusten;"

"3. Att regnmängden är i hög grad beroende af en bergskedjas eller berggrupps närhet ; den ökas nemligen af sådant grannskap, såframt ej stationen är belägen på NO-sidan om höjdsträckningen."

Värmets förflyttning medelst varma luftströmmar, hvarom vi nu talat, vilja vi benämna dess "öfverförning" till skilnad från dess fortplantning genom "ledning," som längre fram skall afhandlas. På det förstnämnda sättet sprides det äfven genom vätskor. Detta glaskärl (bild 50) innehåller varmt vatten; medelst en lins kastar jag en förstorad bild deraf på skärmen och inför sakta medelst en pipett litet kallt vatten deri. Olik-

*) 1 Kap. XI.108

heten i strålbrytning mellan båda vätskorna sätter Er i stånd att se, huru den tyngre kalla sjunker ner genom den lättare. Ännu bättre lyckas försöket, om man lägger en isbit på vattenytan; under sin smältning sänder den långa tunga strimmor ned mot kärlets botten. Vi vända nu om försöket hälla kallt vatten i kärlet och taga varmt i pipetten; härvid måste dock det sednare utsläppas ytterst långsamt, sa att det ej vid utträdet har någon märkbar egen hastighet. Pipettens

spets är nu midt i kärlet (bild 51), och I sen, liuru den varma vattenströmmen hastigt vänder om och flyter

upp nästan som olja.

När ett kärl med vatten uppvärmes nedifrån, sprides värmet genom vätskan me-delst dylik öfverföring. Här är ett sådant , innehållande cochenill, hvars stycken äro föga tyngre än vatten och på grund deraf fritt följa strömdragen. Dessa cochenill-bitar lossna från den varma bottnen, stiga upp i kärlets midt och sjunka ned utefter väggarne. I Geysern på Island försiggår en liknande strömning i stor skala; en papperslapp, som kastas i det vatten, som fyller schaktet, drages ögonblickligen ner längs dess väggar och försvinner.

Dels af denna orsak, dels kanske ock i följd af vindarne uppstå ute i verldshafvet strömmar, hvilka betydligt

inverka på klimatet genom den värme, de öfverföra. Den märkvärdigaste bland dessa, likasom den för oss ojemförligt vigtigaste, är Golfströmmen, som utgår från Mexikanska viken (golfen), af hvilken den erhållit sitt namn. Då den lemnar Florida-sundet, har den en temperatur af 28°; derefter följer den kusten af Amerika till Cap Fear och beger sig derifrån tvärsöfver Atlantiska oceanen i nordostlig rigtning för att slutligen skölja, kusterna af Irland och nordvestra Europa i allmänhet.

Bild 50.

Bild 51.109

Som man väl kunde på förhand vänta, gör inflytandet af denna oerhörda massa af' varmt vatten sig isynnerhet gällande under vår vinter. Det utplånar då all temperatur-olikhet mellan norra och södra Britannien; resa vi från kanalen till Shetlands-öarne, träffa vi hela vägen samma klimat; den isotermiska linien *) löper rätt från norr till söder. Strömmens inflytande gör vidare vestra Europas klimat fullkomligt olika det på Amerikas motsatta östra kust rådande. Hudsonfloden, belägen på samma breddgrad som Rom, är frusen under tre månader af året. Reser man i Januari från Boston, omkring Newfoundland och upp till Island, finner man öfverallt samma värmegrad. Ilammerfests hamn får sin stora vigt deraf, att den är öppen hela året om. Också detta beror af Golfströmmen, som stryker förbi Nordkap och till den grad modifierar klimatet der, att man ofta, vid förflyttning norrut, inträder i en varmare trakt. Kontrasten mellan norra Europa och Amerikas ostkust föranledde Halley till den egendomliga hypotes, att jordens nordpol hade flyttat sig; att den fordom varit belägen någorstädes i grannskapet af Behrings sund, och att den starka köld, som är rådande i dessa trakter, härrör från den gamla polen, som ännu icke alldeles upphört att utöfva sitt inflytande.

Som vi sett, är alltså Europa kondensator för det Atlantiska hafvet, och inom denna. verldsdel äro bergen de förnämsta kondensatorerna. På dem nedfaller för öfrigt, derest ele äro tillräckligt höga, den förtätade ångan icke i flytande, utan i fast form. Låtom oss följa detta vatten alltifrån dess födelseort på dess vidare bana! Molnen sväfva i luften, och man har på grund deraf förmodat, att de bestå af små vattenblåsor, att de således äro ihåliga skal i stället för massiva ldot. Visst är emedlertid, att vattenpartiklarne kunna, allenast de äro tillräckligt små, hålla sig uppe i atmosferen under en obestämd tid, äfven utan att ega form af blåsor. Säkert är ock, att dessa partiklar ega, om de befinna sig på en betydligare höjd, förmågan att. vid eller efter sin kondensation antaga kristallform. Inom dem träda följaktligen sådana krafter i verksamhet, hvilka vi vant oss att anse för molekulära; dylika krafter, i stånd att bilda blåsor, hafva vi emedlertid ingen anledning att tillskrifva dessa vattenpartiklar.

Snö är, i sin utvecklade form, ingalunda någon oregelbunden sammangyttring af ispartiklar; i en lugn atmosfer ordna sig dess molekuler i de mest utsökta former. I hafven sett dessa

*) D. v. s. den som drages på kartan genom alla de orter, hvilkas temperaturer äro lika. " Ö. A.110

sexbladiga blommor, som uppträda inom ett isstycke, nar en värmestråle sändes derigenom; snö-kristallerna äro byggda efter samma mönster, deras molekuler sluta sig samman till sex-uddiga stjernor. Från en central kärna framskjuta sex strålar, af hvilka enhvar bildar med sina båda närmaste vinklar på 60°. Från dessa utskjuta vidare till höger och venster smärre spetsar, alltjemt inneslutande med ofelbar noggrannhet samma vinklar, och från dessa återigen ännu mindre på samma sätt. De sexbladiga blommorna antaga en underbar mångfald af former; deras byggnad liknar den finaste frusna gas, och kring deras hörn fästa sig ofta andra, smärre rosetter. Skönhet sällar sig till skönhet; det är som om naturen, engång kommen in i arbete, fann behag vid att inom de trängsta gränser utveckla hela fullheten af sin skapande förmåga. I bild 52 äro några Mr Glaishers teckningar af dessa former återgifna.

Dessa frusna blommor bilda snömassorna på våra berg; de belasta Alpernas höjder, der deras bräckliga byggnad snart förstöres af tövädret. Hvarje vinter falla de och försvinna hvarje sommar, men dessa periodiska vexlingar upphäfva ej fullständigt hvarandra. Nedom en viss linie är värmet förherrskande, och den mängd snö, som faller hvarje vinter, smälter hel och hållen bort; ofvanom denna linie har kölden herraväldet; den fallande massan är större än den bortsmältande, och ett årligt öfverskott uppkommer. Om vintern sträcka snömassorna sig ned till

låglandet; om sommaren draga de sig tillbaka till snögränsen — denna märkliga linie, der årets inkomster och utgifter gå jemnt ihop, och ofvan hvilken den eviga snöns region är belägen. Men om nu ett årligt öfverskott alltjemt finge qvarstadna deruppe, skulle ju bergen belastas med en ständigt växande börda. Antaget, att vid en viss punkt ett lager af tre fot årligen lades på det förut der befintliga, så skulle detta, endast under den jemförelsevis korta perioden af vår nuvarande tideräkning, hafva föranledt en höjning af 5634 fot. Och finge sådana samlingar fortgå under geologiska, i stället för historiska perioder, skulle vi ej ens kunna bilda oss en föreställning om de höjder, hvartill massorna skulle upptorna sig. Uppenbarligen eger ingen dylik förökning rum; snömängden på bergen tillväxer icke. På ett eller annat sätt hindras solen från att lyfta verldshafven ut ur deras bäddar och uppstapla deras vatten på fjällen.

Men huru aflyftes då denna för hvarje år tillökade börda från bergens skuldror? Ibland lossnar snön af sig sjelf och störtar ned utför sluttningarne under form af laviner för att smalta till vatten nere i dalarne. Men detta plötsliga nedstörtande är ingalunda dess enda fortskaffningssätt; den kryper111

Bild 52.112

också med nästan omärkliga steg utför bergen. Då det ena lagret samlar sig på det andra, blifva de understa hoppackade och förtätade; den luft, som först var fången i snöns maskor, pressas ut, och den sammantryckta massan antager alltmer isens karakter. I veten, huru hårdt en snöbolls korn hänga tillsammans; I veten, huru hård en skolgosse kan, helst i en "under stridens hetta upprörd sinnesstämning", krama den. Snöbollen är begynnelsen till is; öken blott pressningen ännu mer, och den blir en verklig sådan. Men tillochmed sedan detta skett, bibehåller den ännu förmågan att likasom snön gifva efter för tryck. När derföre en snömassa af tillräckligt djup samlar sig på en bergsluttning, pressas de undre lagren af de öfre och gifva efter för trycket — naturligtvis i rigtning nedåt, backen utföre.

Sådan rörelse försiggår oupphörligt utefter hvarje snöbe-täckt bergs branta sidor, i Himalaya, i Anderna och i Alperna: men jemte denna rörelse, som beror af materialets töjbarhet, förekommer ock en annan, en glidning utefter det lutande planet. Den förtätade snön rör sig som en enda kropp utefter bergsidan, slipar bort klippornas ojemnheter och polerar deras hårda ytor, under det samtidigt äfven undersidan af det väldiga polerings-instrumentet repas och fåras af de stenar, öfver hvilka det drager fram. Ju längre ned massan stiger, desto större bli dess förluster; stundom uppfrätes den af värmet, redan innan den hunnit foten af sin sluttning; men ibland upptages den af djupa dalgångar, i hvilka den sammanpressas till allt större likhet med is och genom hvilka den rör sig framåt, långsamt men mätbart, liknande i sina rörelser en väldig flod. Så flyttas isen långt utom den eviga snöns gränser, tills slutligen bortsmältningen nedantill håller jemnvigt med tillförseln of-vanfrån. Här är gränsen satt för dess framsteg; mellan denna punkt och snögränsen hafva vi en af is bildad gletscher, derofvan snö eller "Firn". Den sistnämnda är den förres moder.

Flere sålunda uppfyllda dalar förena sig stundom till en enda; sidogletscherna smälta då tillsammans inbördes och bilda en stamgletscher. Både hufvuddalen och dess förgreningar äro ofta nog krokiga; gletscherna måste då förändra sina rigtningar för att komma fram. Ofta vexlar äfven dalens bredd, ismassan pressas fram genom trånga klyftor och vidgar sig åter efter att hafva passerat derigenom; dess midt rör sig hastigare än sidorna, och ytan hastigare än bottnen. Punkten för den hastigaste rörelsen följer samma lag som i en strömmande flod; den går öfver från ena sidan om midtlinien till den andra, allteftersom dalens böjning vexlar. De flesta stora gletscher i Alperna113

hafva om sommaren i midten en hastighet af två fot om dagen; det finnes punkter på Mer-de-Glace, midtemot Montanvert, som dagligen framskrida halftredje fot om sommaren och hälften så mycket om vintern.

Denna isens förmåga att forma sig efter den kanal, hvarigenom den flyter, har föranledt många framstående forskare till det antagandet, att isen är ett segt ämne; och ifrågavarande företeelser tyckas verkligen vid första anblicken bekräfta denna förmodan. Gletschern vidgas, böjer sig och smalnar; dess midt rör sig hastigare än dess sidor; en seg massa skulle förhålla sig på alldeles samma sätt. Men de noggrannaste undersökningar om isens förmåga att gifva efter för spänning, att låta tänja sig som honung, sirap eller tjära hafva gifvit ett bestämdt

nekande svar. Finnes det väl då någon annan fysisk egenskap hos densamme, hvarpå denna dess accommodationsför-måga beror?

Vi skola steg för steg närma oss denna fråga. Vi veta, att ånga ständigt utvecklas från en vätskas fria yta; att de der befintliga partiklarne vinna sin gas-frihet förrän de inre; det är ju då helt naturligt att vänta sig något motsvarande i afseende på isen; d. v. s. att när en ismassas temperatur ökas likformigt, skola partiklarne på dess yta vara de första, som frigöras till vätska, ty här äro de ju på sin ena sida fria från de omgif-vandes inflytelse. Antagom alltså, att två isstycken befinna sig genom hela sin massa vid 0° temperatur och smälta på sina ytor; hvad skall väl då inträffa, om vi lägga dessa ytor tätt intill hvarandra? Vi öfverflytta dem derigenom i sjelfva verket in i massan, der hvarje molekuls rörelse beherrskas på alla sidor af dess grannar. Just som man var befogad att vänta, hämmas då det flytande tillståndets frihet på hvarje punkt, der ytorna beröra hvarandra, och de båda styckena frysa ihop i dessa punkter. Låtom oss göra försöket! Här äro två isstycken, hvilka just nyss blifvit skilda åt medelst en såg; jag håller de båda plana ytorna tillsammans; ett ögonblicks beröring är tillräcklig, de äro nu sammanfrusna, och genom att fatta tag i det ena stycket kan man lyfta båda två *).

*) Här liksom vid ett föregående tillfälle har öfv. lemnat originalets framställning oförändrad, ehuru efter lians mening åtminstone ett ganska vigtigt inkast kan göras mot den här framställda "regela-tions"-hypotesen, hvilken öfverhufvud förefaller något sväfvande. Sjelfva den ofvan anställda jemförelsen mellan vattnets förvandling till ånga och isens till vatten, på hvilken hela förklaringen i hufvudsak tyckes stödja sig, är ytterst haltande; vattnet afdunstas ju på sin yta vid

Denna företeelse uppmärksammades först af Faraday i Juni 1850 och benämnes nu, efter Hooker, Regelation. En varm sommardag har jag gått in i en bod vid Strand, der en mängd isstycken lågo på hvarandra i en skål i fönstret, och med egarens tillåtelse lyftat upp hela samlingen genom att fatta tag i det öfversta. Alla hade de frusit ihop, oaktadt termometern för tillfället visade på + 27°. Tillochmed i varmt vatten inträffar detsamma; här är en skål med sådant, så hett som miii hand kan fördraga det; jag doppar ned dessa två isstycken deri och håller dem ihop ett ögonblick; nu äro de sammanfrusna, trots den omgifvande hettan. Ett vackert försök af Faraday består i att lägga en mängd små isbitar på en vattenyta; nälden ena berör den andra, fastna de ihop; läggas de först i rad, kan man efteråt draga hela raden genom att hålla i den yttersta.

Det är på grund af denna förmåga, som isen i många fall förhåller sig som en seg kropp. Här är t. ex. en rak isstång; jag pressar den genom flere olika formar, af hvilka hvar följande är mera krokig än den föregående, och förvandlar den sålunda till en half ring. Stången bröts sönder i hvarje form, men dess bitar pressades samman och fastnade sålunda med

hvilken temperatur som helst, då deremot isen ej smälter, åtminstone på ytan, under 0°.

Det må tillåtas öfv. att, förslagsvis, framställa en annan förklaring af fenomenet.

För det första torde det i verkligheten ganska sällan inträffa, att ett isstyckes temperatur är, hela massan igenom, jemnt 0°. Ämnet-är tvifvelsutan en mycket dålig värmeledare, och det tyckes ganska sannolikt, att under det dess yta befinner sig i smältande tillstånd, d. v. s. vid 0°, en något lägre temperatur skall i allmänhet vara rådande derinnanför, helst som det af isens omgifning meddelade värmet troligen hejdas vid ytan och der genast förvandlas till latent. Bringas under sådana förhållanden två isytor intill hvarandra, så måste naturligtvis beröringsställets temperatur inom kort sjunka under 0°, och således sammanfrysning inträffa.

Men vi vilja, såsom härofvan skett, antaga, att tvenne isstyckens temperatur verkligen är alltigenom 0°, då de bringas i beröring med hvarandra. I åtminstone de flesta och vigtigaste härnedan beskrifna fall tryckas de båda styckena mot hvarandra, stundom tillochmed med en högst betydlig kraft. Men isens smältpunkt nedsattes genom, tryck (sid. 64), alltså frambringar detta sednare vid beröringsytan ett vätskelager, hvars temperatur måste vara lägre än 0°, emedan värme göres latent vid smältningen. I samma ögonblick trycket upphör, blir smältpunkten ater den vanliga, det nämnda vätskelagret stelnar genast och sammanhäftar de båda styckena.

Den här framställda förklaringen är för öfrigt, efter hvad öfv. sedermera funnit ingalunda ny. Se derom Tyndalls. äfven på svenska öfversatta, verk Vattnet". Ö A115

ständigt nya beröringsytor ihop till en sammanhängande massa. En handfull af dessa små isbitar kan tryckas ihop till ett klot, och hvarje snöboll tillverkas ju i sjelfva verket på samma sätt; det lyckas dock blott, om snön befinner sig vid fryspunkten och är fuktig; är den torr och kallare, har den ungefär samma konsistens som salt. Öfvergåendet af snöbryggor, i Schweizer-gletschernas högre regioner, vore ofta omöjligt, om ej regela-tionen funnes; den erfarne alpvandraren beträder dem ytterst försigtigt, så att massans korn sammanfrysa genom tryckningen; på detta sätt erhåller bryggan en helt annan stabilitet än förut — om den ock ändå, der den hänger öfver en afgrund af 100 fots djup eller mera, ser för den ovane nog hemsk ut att öfverskrida.

Pressas dessa isbitar ännu hårdare tillsammans, blir resultatet än mera tillfredsställande. Med handen kan man ej sammantrycka dem tillräckligt; vi skola derföre begagna en hydraulisk press. Jag lägger dem i denna form af buxbomsträd, som bildar en platt cylinder, samt derofvanpå en flat buxbomsskifva, och hoptrycker derefter alltsammans i pressen; sålunda erhålles en sammanhängande iskaka. Denna lägger jag in i en linsfor-mad urhålkning och pressar den deri; kakan förvandlas till en islins. Denna föres vidare in i en halfsferisk urhålkning H (bild 53); deröfver sättes en annan träclskifva med ett likaledes

Bild 53.

halfsferiskt utsprång P, som dock ej fyller hela urhålkningen, och alltsammans pressas tillhopa. Borttages derefter den sistnämnda trädskifvan, sen I insidan af en kopp eller skål af is, som håller nära tre tum i diameter och \ tum i tjocklek; denna kan lossas från trädet och, om man så behagar, fyllas med vin; den skall ej släppa ut en droppe.

Med en mejsel skrapar jag is från detta block och stoppar in den svamplika massan i denna halfsferiska urhålkning

8*116

Bild 54.

C (bild 54), lägger mera is till och derofvaupå detta andra, på samma sätt urhålkade trädstycke D. Derefter låter jag pressen verka, och här sen I en snöboll, hvartill I aldrig förr sett maken, en kula af hård, klar is B.

Så kan detta material formas huru som helst; medgåfve tiden, skulle vi här göra ett tåg af is och slå knut derpå, eller ock tillverka små statyetter af ämnet *).

Och nu möter det ingen vidare svårighet att förstå, huru detta ämne kan pressas fram genom Alpernas klyftor och forma sig efter dalarnes böjningar, att en del af gletschërn kan röra sig hastigare än en annan, utan att likväl massan företer det ringaste tecken till "seghet". I sjelfva verket förklarar ock hypotesen om en dylik egenskap hos isen —- en hypotes, som upp-stälts och försvarats af Rendu och Forbes — blott till hälften de ifrågavarande företeelserna; när tryck eger rum, förhåller sig isen visserligen som en seg kropp, men alldeles icke i fråga om sträckning **).

Så mycket om de ännu existerande gletschernas Vid vandring i bergstrakter varsnar emedlertid forskaren snart nog företeelser, som föra hans tankar tillbaka till längesedan svunna tider och till ett helt annat sakernas tillstånd än det nuvarande; af omisskännliga spår, som de hafva lemnat efter sig, finner han lätt, att ofantliga gletscher måste fordom hafva funnits på ställen, hvarifrån de längesedan försvunnit. Gå t. ex. till Aar-gletschern i Berner-alperna och betrakta dess nu pågående arbete; se hur klipporna derbredvid blifvit rundade, glättade och fårade af isen! Och sedan Ni genom långvarig och

*) I allmänhet bör man vid dessa försök först fukta formen med varmt vatten, hvarigenom den sammanpressade isen lättare kan skiljas derifrån; detta ändamål befordras ock genom en i formen sittande kägelformig propp.

**) Gletscherföreteelserna finnas utförligare afhandlade i förfcs nyssnämnda verk "Vattnet". Ö. A.117

trägen öfning skärpt Er blick för dessa företeelser, fortsätt El-vandring dalen utföre ända till Grimsel; öfverallt ser Ni omisskännliga spår af samma slags verksamhet. Dessa klippor — "roches moutonnées", som Charpentier och Agassiz kallade dem — äro afrundade som gumsryggar; Ni ser på dem både bredare rännor och dessa smala fåror, som inritsats af kiselstenar, hvilka gletschern hållit som en slags smergel under sin nedre yta. Så hafva alla bergen vid Grimsel blifvit afslipade. Och gå sedan Haslidalen utföre, samt betrakta klipporna till höger och venster; utan besittning af den nyckel till hemligheten, som jag tror att Ni nu eger, skulle Ni befinna Er i ett land af idel gåtor; men denna talisman uppenbarar för Er alltsammans, öfverallt ser Ni dessa välbekanta märken. I bottnen af dalen äro klipporna på sina ställen afslipade till likhet med kupoler och så glatta, att steg måst inhuggas i dem, äfven der sluttningen är ganska obetydlig. Så fortfar det ända ned till Mei-ringen, och säkerligen finnes det ingen trakt på jorden, som bättre lämpar sig till första öfning för nybörjaren af detta studium.

Dylika spår anträffas ock i Rhöne-dalen; man kan följa dem på en sträcka af mer än tio mil, ända till Geneversjön; i Juras branter, på sjöns motsatta strand uppträda de åter i Canton Wallis. Det är granitblock från Montblanc, som äro strödda längs sluttningarne af dessa kalkberg. Och till höger och venster från den stora Rhpne-dalen sträcka sig sidodalar, som tydligt röja, att de en gång varit fyllda med is. Ännu mera storartade spår träffar man på den italienska sidan af Alperna; så väldiga än nutidens gletscher synas oss, äro de blott dvärgar i jemförelse med sina förfäder.

Men ej blott i Schweiz, ej blott i grannskapet af nutidens snöfjäll ser man dylika märken; de äro nästan lika tydliga bland Cumberlands höjder som i Alperna. Der den nakna stenen under långa tider varit utsatt för väderlekens åverkan, hafva de finare tecknen i allmänhet utplånats; endast klippornas afrundade former bära ännu vittnesbörd. Men borttages det skyddande jordlagret, ser man ofta hällar lika skarpt fårade och lika glatt slipade som de, hvilka nu bearbetas af Alpernas gletscher. Rundtomkring Scawfell uppträda spåren af den fordna isen i form af både "roches moutonnées" och "blocs perchés"; och många tecken vittna om, att äfven Borrodale fordom varit uppfyldt af isfält. I Norra Wales hafva de gamla gletscherna tryckt sin stämpel outplånligt på klipporna; trakten kring Snow-don är uppfylld af bevis på deras tillvaro. På Irlands sydvest-kust, der i våra dagar Macgillicuddys berg mottaga Atlanter-118

hafvets fuktiga vindar och kondensera deras ångbördor till befruktande regn, der nedsjönko fordom vattenmassorna i annan form; der föfl ymnig snö, som gaf upphof till storartade glet-sclier'. De stego ned utför sluttningarne af "Purpurberget" och bearbetade den nejd, som i våra dagar bildar bottnen af "Öfre sjön"; hvarje ö, som nu höjer sig derur, är en af isen rundad stenkupol. De fantastiska namn, som många af dessa klippor erhållit, leda sitt upphof från de sällsamma former, hvilka isens väldiga hyfvel gifvit dem.

Äfven i Nord-amerika träffas dylika spår. Men den märkvärdigaste iakttagelse i denna väg gjordes dock af Hooker under en resa i Syrien; han fann nemligen, att Libanons verldshistoriska cedrar växa på gamla gletschermoräner.

Länge nog hafva forskarne bemödat sig om att utransaka de naturförhållanden, hvilka föranledt uppkomsten af dessa vidsträckta ismassor, och en öfversigt af de olika svar, de lemnat på frågan, skulle vara rätt lärorik. Jag har ingen ny hypotes att framställa, men det tyckes mig möjligt att gifva dessa forskningar en bättre rigtning och ett mera bestämdt mål än hittills Alla författare i ämnet, med hvilka jag gjort bekantskap, hafva nemligen uteslutande sysselsatt sig med frågan: Hvarifrån kom kölden? Man har sökt orsaken dertill i en tillfällig förminskning af solens utstrålning; man har ock menat, att vårt planetsystem, under sitt framskridande genom rymden, passerat genom trakter af särdeles låg värmegrad; somlige hafva ock trott sig finna orsaken i en, med den nuvarande helt olika fördelning af land och vatten. Såvidt jag kan se, hafva alla dessa framstående män förbisett det enkla faktum, att gletschernas ofantliga utsträckning i dessa förgångna tider lemnar ett lika godt bevis på värmets, som på köldens inflytande.

Ty kölden ensam frambringar ingen is. Här i London kunna vi ju hafva de mest bitande nordostvindar en hel vinter igenom och dock icke se en enda snöflinga. Kölden måste hafva sitt lämpliga föremål att bearbeta, och detta — vattenångan — är ju en produkt af värmet. Låtom oss bringa denna gletscher-fråga till en annan form!

För att förvandla 1 M vatten till ånga vid eqvatorn erfordras vid pass 550 värme-enheter, ty ångans latenta värme är större, om den bildas vid lägre temperatur. Men en värme-enhet höjer temperaturen hos 1 .// gjutjern 10 grader; följaktligen upphettar det värme, som förvandlar 1 †! af den tropiska oceanens vatten till ånga, 1 ^ gjutjern JÖUU grader. Nu smälter detta jern vid 1100°; för hvarje skalpund ånga, som produceras, utbetalar solen alltså lika mycket värme som för att smälta 5 ^ jern. Föreställom oss då alla119

dessa forntida ismassor femdubblade, och föreställom oss dem ersatta af en lika tung gjutjernsmassa, försatt i glödande fluss — der hafva vi det exakta beloppet af den solens verksamhet, som åtgått till frambringandet af dessa gletseher. Sätter Ni smält jern i stället för kall is, så blir vår forskning genast rig-tad på att upptäcka orsaken till istidens värme, och en fullständig ömvändning af de ofvan anförda hypoteserna blefve sannolikt följden deraf.

Det är ju alldeles klart, att vi genom antagande af en förminskning af solverksamheten skulle afstänga just sjelfva källan för gletscherna. Stora massor af is på bergen häntyda alldeles uppenbart på motsvarande massor af ånga i atmosferen och således på en motsvarande verksamhet hos solen. Om Ni i en destillationsapparat vill öka destillatets mängd, skulle Ni säkerligen ej försöka att erhålla den till kondenseringen nödvändiga kölden genom att minska elden under pannan; men just detta är det, såvidt jag kan se, som blifvit gjordt af de forskare, hvilka velat öka gletschernas storlek genom att minska solvärmet. Hvad som deremot väl behöfdes, vore en förbättrad kondensator. Af solvärmet kunna vi ej undvara det ringaste; vi behöfva framför allt mera ånga, men dessutom en så kraftig kondensator, att denna ånga, i stället att nedfalla till jorden som flytande regn, afkyles och nedfäller som snö. Dermed är, menar jag, problemet reduceradt till den form, under hvilken det kan och bör lösas.

KAP. VII.

Värmets fortplantning genom ledning. — Goda och dåliga ledare. — Jemförelse mellan metallernas ledningsförmåga för värme och för elektricitet. — Temperaturens inflytande på den sistnämnda. — Molekularbyggnadens inflytande på värmeledningen. — Värme-kapacitetens förhållande dertill. — Rumfords försök. — Den mekaniska konsistensens inflytande på värmeledningen. — Pannste-nar. — Säkerhetslampan. — Vätskors och gasers ledningsförmåga; Rumfords och Despretz' försök deröfver. — Vätgasens aflcylande inflytelse. — Magnus' undersökningar. Biliang: Tyndalls apparat för undersökning af trädslags ledningsförmåga.

Vi äro nu, menar jag, tillräckligt förtrogna med vårt ämne att ej förvexla de förnimbara rörelser, som förorsakas af vär- 119

dessa forntida ismassor femdubblade, och föreställom oss dem ersatta af en lika tung gjutjernsmassa, försatt i glödande fluss — der hafva vi det exakta beloppet af den solens verksamhet, som åtgått till frambringandet af dessa gletseher. Sätter Ni smält jern i stället för kall is, så blir vår forskning genast rig-tad på att upptäcka orsaken till istidens värme, och en fullständig ömvändning af de ofvan anförda hypoteserna blefve sannolikt följden deraf.

Det är ju alldeles klart, att vi genom antagande af en förminskning af solverksamheten skulle afstänga just sjelfva källan för gletscherna. Stora massor af is på bergen häntyda alldeles uppenbart på motsvarande massor af ånga i atmosferen och således på en motsvarande verksamhet hos solen. Om Ni i en destillationsapparat vill öka destillatets mängd, skulle Ni säkerligen ej försöka att erhålla den till kondenseringen nödvändiga kölden genom att minska elden under pannan; men just detta är det, såvidt jag kan se, som blifvit gjordt af de forskare, hvilka velat öka gletschernas storlek genom att minska solvärmet. Hvad som deremot väl behöfdes, vore en förbättrad kondensator. Af solvärmet kunna vi ej undvara det ringaste; vi behöfva framför allt mera ånga, men dessutom en så kraftig kondensator, att denna ånga, i stället att nedfalla till jorden som flytande regn, afkyles och nedfäller som snö. Dermed är, menar jag, problemet reduceradt till den form, under hvilken det kan och bör lösas.

KAP. VII.

Värmets fortplantning genom ledning. — Goda och dåliga ledare. — Jemförelse mellan metallernas ledningsförmåga för värme och för elektricitet. — Temperaturens inflytande på den sistnämnda. —

Molekularbyggnadens inflytande på värmeledningen. — Värme-kapacitetens förhållande dertill. — Rumfords försök. — Den mekaniska konsistensens inflytande på värmeledningen. — Pannste-nar. — Säkerhetslampan. — Vätskors och gasers ledningsförmåga; Rumfords och Despretz' försök deröfver. — Vätgasens aflcylande inflytelse. — Magnus' undersökningar. Biliang: Tyndalls apparat för undersökning af trädslags ledningsförmåga.

Vi äro nu, menar jag, tillräckligt förtrogna med vårt ämne att ej förvexla de förnimbara rörelser, som förorsakas af vär-120

met. med detta sjelft. Värmet är hvarken vindens brus, eller lågans fladdrande, eller vattnets kokning, eller qvick silfverpela-rens i termometern uppstigande, eller ångans våldsamma utströmmande ur pannan; alla dessa rörelser äro mekaniska, och till dem kan värmet förvandlas, men i sig sjelft är det en mo-lekular-Törelse. Men kropparnes molekuler kunna ej, då de äro tätt sammanslutna, dallra eller vibrera utan att meddela rörelse åt hvarandra, och det är just åt detta rörelsens meddelande samt värmets deraf beroende fortplantning, som vi nu skola egna vår uppmärksamhet.

Här är en eldgaffel, hvars temperatur är i det aldra närmaste densamma som min hands; den kännes derföre hvarken varm eller kall. Jag lägger dess ena ända i elden, och den upphettas; molekulerna, som äro i beröring med den heta glöden, försättas i raskare svängning; de stöta till sina grannar, dessa fortplanta rörelsen vidare, och sålunda klingar molekular-musiken längs hela metallstången. Den förstärkta rörelsen uppträder nu äfven vid dess andra ända, och fattar jag tag deri, bränner jag mig. Detta är värmets fortplantning genom ledning, till skilnad från dess öfrerföring, med hvilken vi förut sysselsatt oss, och som består i sjelfva de varma kropparnes förflyttning från ett ställe till ett annat.

Se här ett högst enkelt exempel på ledningen! I denna skål med varmt vatten nedlägger jag en liten jerncylinder af en tums diameter och två tums längd; den skall bli vår värmekälla. Jag lägger omkull den termo-elektriska stapeln o (bild 55),

med dess blottade yta uppåt, och ställer derpå en kopparcylinder c, hvars temperatur är lika med rummets; galvanometernålen gör intet utslag. Derpå torkar jag den varma cylindern i och ställer den ofvanpå den förra. Så föga uppvärmd den än var, sen I, att nästan innan jag talat ut, nålen genast flyger åt sidan och angifver uppvärmning. Jerncylinderns molekular-rörelse meddelade sig på ett par sekunder genom kopparn åt stapeln.

Olika kroppar ega i mycket olika grad denna förmåga att leda värme; kopparn intager i detta hänseende en bland de framsta platserna. Jag tar nu bort kopparcylindern, låter nålen

Bild 55.121

gå ned till nollpunkten och lägger i stället en lika stor glascylinder på stapeln. Sätter jag den ånyo uppvärmda jerncylin-(lern derpå, märkes ingen rörelse i galvanometern, och vi skulle allt få vänta bra länge för att kunna upptäcka någon sådan. Taga vi träd, krita, sten eller eldfast lera i stället för glas, blir resultatet detsamma; alla dessa ämnen äro dåliga värme-ledare; deras molekuler äro på det sätt förbundna sinsemellan, att rörelsen blott med svårighet meddelas från den ena till den andra. Och deremot skulle vi, om cylindrar af zink, jern, bly, vismut eller dylika ämnen lades på stapeln, inom ganska kort tid varseblifva rörelse hos nålen.

Ty såsom en allmän regel, om ock ej alldeles fri från undantag, kan man säga, att metaller äro de bästa värmeledarne. De äro det emedlertid i mycket olika grad. Se här en stång af jern AB (bikl 56) och en annan af koppar A C; de läggas, på sätt som synes, öfver en spritlampa, och fem trädkulor äro medelst vax fästade på lika afstånd vid hvardera. Lågans hetta fortplantas nu till höger och

venster genom ledning men märkbart hastigare i den förra rigtningen, d. v. s. genom kopparn, såsom vi kunna se af kulornas nedfallande.

Ett af de första sätt att någorlunda noggrannt bestämma olika kroppars värmeledningsförmåga föreslogs af Franklin och utfördes af Ingenliouss. Ett antal stänger af olika ämnen öf-verdrogos med vax, och deras ändar nedsattes i het olja, hvarefter man observerade, till hvilket afstånd vaxet smälte på hvar stång. Ju bättre ledare

ämnet var, desto större blef naturligtvis detta afstånd.

En annan och bättre metod uttänktes af Fourier och användes af Despretz. AB (bild 57) föreställer en metallstång, hvari hål blifvit borrade för att upptaga små termometrar; vid dess ena ända står en lampa L som värmekälla, och dess värme sprider sig genom stången, samt uppnår först termometern a, sedan a', derefter a", o. s. v. Under en stund stiga alla ter-mometrarne, men derefter blir stångens temperatur oförändrad; och ju bättre ledare den är, desto mindre blir i detta stationära tillstånd skilnaden mellan två angränsande termometrars tempe-

Bild 56.122

Bild 57.

raturer, desto mindre värmets aftagande eller "fall" från den heta till den kalla ändan af stången. Sålunda kan ämnets ledningsförmåga beräknas och uttryckas noggrannt i zilfror. Samma metod har sedermera användts af Wiedemann och Franz, hvilka dock begagnade en lämplig modifikation af den termo-elektriska stapeln i stället för termometrar. Ett sammandrag af de erhållna resultaten meddelas här:

	Ledningsförmåga	
Ämne	för värme	för elektricitet
Silfver	100	100
Koppar	74	73
Guld	53	59
Messing	24	22
Tenn	15	23
Jern	12	13
Bly	il	11
Platina	8	10
Nysilfver	6	fi
Vismut	2	2.

Som man ser, skilja sig metallerna högst betydligt inbördes; man jemföre t. ex. silfrets och nysilfrets tal! Denna sistnämnda skilnad kan mycket lätt åskådliggöras, om man lägger en sked af hvardera metallen med bladet i hett vatten; om ett par minuter är silfverskedens fria ända ojemförligt hetare än den andres. Lägg en liten bit fosfor på ändan af hvardera; den på silfret liggande fattar genast eld, den andra kanske aldrig.

Ingen fråga erbjuder större intresse för forskaren än den om de särskilda naturkrafternas sammanhang och inbördes rela-123

tioner. Vi veta, att dessa krafter stå i ömsesidigt beroende af hvarandra, att de tillochmed kunna förvandlas till hvarandra, men ännu äro vi ingalunda på det klara beträffande sjelfva sättet för denna förvandling. Vi hafva de starkaste skäl att tro, det både värme och elektricitet äro arter af rörelse; genom försök är till full visshet utrönt, att det förra kan erhållas ur den sednare, och likaså — t. ex. i den termo-elektriska stapeln — den sednare ur det förra. Men ehuru vi hafva, eller åtminstone anse oss hafva en temligen klar föreställning om värmerörelsens beskaffenhet, känna vi så godt som ingenting om den förändring, som denna rörelse måste undergå för att uppträda som elektricitet.

Den nyss meddelade öfversigten visar emedlertid ett märkligt samband mellan dessa krafter; i samma mån som en kropp är god ledare för värmet, är den det äfven för elektriciteten, och tvärtom — ett förhållande, som blifvit bemärkt af Forbes. Samma fysiska egenskap hos kroppen, som hindrar elektricitetens fortplantning genom densamme, lägger således äfven hinder i vägen för värmets. Hvilken denna egenskap i sjelfva verket är, skola

tvifvelsutan framtida forskningar uppdaga.

Det har bevisats, t. ex. af Joule, att det värmebelopp, som en och samma elektriska ström utvecklar i en metalltråd, är proportionelt mot metallens ledningsmotstånd mot elektriciteten. Ar detta motstånd betydligt, måste vi alltså föreställa oss atomerna så anordnade, att den elektriska strömmen stöter emot och sålunda meddelar dem sin rörelse, samt härigenom upphettar tråden. I en god ledare måste vi deremot tänka oss, att strömmen flyter obehindradt fram mellan atomerna, att den glider mellan dem utan att störa dem i någon märkbar grad. Här sen I tre stycken platinatråd af 4—5 tums längd, förenade omvexlande med tre silfvertrådar af samma längd och tjocklek; genom denna sammansatta tråd sänder jag en elektrisk ström ur en kraftig stapel af 20 Groves *) element. I sen tre hvit-glödande linier, åtskilda af tre mörka; de förra äro platina-, cle sednare silfver-trådarne. Den sistnämnda metallen leder nemligen, såsom af ofvan meddelade tabell synes, elektriciteten tio

*) Bland de '"konstanta" elektriska staplarne, d. v. s. sådana hvilkas strömstyrka ej (såsom händelsen var med staplarne af äldre konstruktioner) hastigt förminskas, utan bibehåller sig under längre tid temligen oförändrad, äro Daniells, Bunsens och Groves de mest använda. Hvarje element i den första utgöres af zink och koppar, nedsänkta i utspädd svafvelsyra och kopparvitriol-lösning; i den andra (mest begagnade) af zink och kol med svafvelsyra; i den tredje af zink och platina med samma vätska. O. A.124

gånger bättre än den förra, samt upphettas derföre ock mindre än denna af strömmen.

Märkvärdigt är det ock, att en kropps ledningsförmåga för elektriciteten minskas vid stigande temperatur och ökas med aftagande, att således värmerörelsen hämmar den elektriska. Redan en gång förut (sid. 51) hafven I gjort bekantskap med denna platinalampa (bild 58) med dess lilla trådspiral, som af

Bild 58.

en genomgående elektrisk ström försättes i glödning. Utom densamma har jag infört i strömbanan *två fot tunn platinatråd, och nu försättas både den och spiralen i dunkel rödglödning af elektriciteten. Men jag vill visa Er, att denna värmerörelse ställer ett hinder i vägen för den elektriska strömmens genomgång; att elektriciteten har sjelf uppväckt en motståndare åt sig under sin framfart. Om vi afkyla tråden, undanrödja vi detta hinder; strömmen blir derigenom starkare, och platinalampans spiral ännu hetare; den kommer att lysa med ett klart hvitt ljus.

För detta ändamål doppar jag ned tråden i en bägare kallt vatten w (bild 58); spiralens ljus blir derigenom så starkt, att ögat knappt kan fördraga det. Jag lyfter åter upp tråden ur vattnet, den upphettas ånyo, strömmen försvagas och dermed äfven lampans ljus. Nu stoppar jag åter ned tråden, allt mer och mer; lampans ljus stegras till en utomordentlig intensitet — och slocknar plötsligt; spiralen uppsmältes af hettan, och strömbanan blef dermed afbruten.

Här vilja vi i förbigående kasta en blick på en fråga, hvars fullständiga utredning tillhör ett helt annat kapitel af fysiken.I torden veta, att den elektriska strömmen, som vi nyss använde, underhålles genom en inom stapeln försiggående kemisk verksamhet; der förenar sig bland annat zink med syre, och en verklig förbränning eger således rum, ehuru visserligen densamma, likasom den motsvarande processen inom våra egna kroppar, försiggår i det inre af en vätska. Och här, liksom i alla andra dylika fall, frambringar förbrukandet af ett visst belopp zink en viss oföränderlig värmemängd. Antagom då, att vi en gång förena stapelns båda poler medelst en tjock koppartråd, som är en utmärkt ledare; strömmen flyter fram, och zinken uppfrätes, men intet märkbart värme utvecklas i ledningstråden. En annan gång förbinda vi polerna medelst en tunn platinatråd; den upphettas och glöder. Men våren öfver-tygade, att om samma vigt zink förbrukats i båda försöken, så är ock hela den utvecklade värmemängden i båda fallen alldeles densamma; skilnaden är blott, att den fördelats på olika sätt; den ena gången har den sågodtsom hel och hållen stadnat inom stapeln; den andra gången delat sig mellan denne och ledningstråden.

För hvarje värme-enhet, som utvecklas utom stapeln, undandrages följaktligen en sådan från denne sjelf; och om den elektriska strömmen, i stället att frambringa värme, användes till att vrida en maskin eller förrätta något annat arbete, skulle ett värmebelopp, eqvivalent med detta sednare, dragas från stapeln. Och dessa slutledningar

äro ej blott teoretiska; de hafva bekräftats genom Favres förträffliga försök, hvilken härmed ge-nomfört och tillämpat på den elektriska stapeln den stora grundsatsen om kraftens bevarande.

Men återvändom till vårt egentliga ämne! Det ser ofta ut, som om kropparne ledde köld likaväl som värme. Jag håller denna lilla kopparcylinder några ögonblick i min hand för att värma den och ställer den derefter på den termo-elektriska stapeln; nålen går upp till 90°, naturligtvis på värmesidan. På cylindern ställer jag derefter en annan dylik, som legat, bland isbitar; om ett par ögonblick går nålen ned till nollpunkten och derefter till 90° på köldsidan. Det tyckes således, som om köld blifvit ledd nedåt genom den undre cylindern från den öfre, likasom värme i våra förra försök. Också må detta uttryck alltför gerna begagnas — det gör så vanligen äfven — blott vi förstå det riktigt. Verkliga förhållandet är naturligtvis, att den nedre varma cylindern först afgifver sitt värme eller sin rörelse till den öfre och, sedan den genom denna frikostighet sjelf råkat i armod, lånar sådant från stapeln. Värmeledning försiggår således äfven här, endast i motsatt rigtning mot126

förut: då leddes molekular-rörelsen nedåt, nu uppåt; åk till, nu från stapeln.

Jag repeterar försöket, men använder i stället för den öfre metallcylindern en dylik af träd, som legat i samma is; nålens utslag blir vida mindre än nyss. Hvarför åstadkommer då icke det kalla trädet samma verkan som den kalla metallen? Helt enkelt derför att det värme, som meddelas detsamma från stapeln, samlar sig på dess undersida; det kan ej sprida sig genom det dåligt ledande trädet, som det gjorde genom metallen, och således blir den från stapeln lånade värmemängden mindre nu än i förra fallet.

Detsamma inträffar, om menniskokroppens nerver intaga stapelns plats. Träder Ni in i ett kallt rum och lägger Er hand på eldtången, kakelugnen, stolarne och mattorna, så kännas dessa föremål olika kalla, fastän de naturligtvis allesammans måste i verkligheten befinna sig vid rummets temperatur; jernet kyler mer än stenen, denna mer än trädet, o. s. v. Er hand är utsatt för samma inverkan, som stapeln i de båda föregående försöken. Och jag behöfver väl knappt nämna, att motsatsen inträffar, om Ni träder in i ett varmt rum, jag menar ett, som är hetare än Er egen kropp. Att i ett turkiskt bad lägga sig på en bänk af metall vore ett betänkligt företag; att lägga sig på en trädbänk medför deremot ingen olägenhet. Sålunda kan man fördraga rätt höga temperaturer, blott man noga aktar sig för beröring med goda värmeledare; ägg kunna kokas, och tillochmed biffstek rostas af ett rums värme, i hvilket en lefvande menniska kan utan skada uppehålla sig.

Detta sistnämnda försök skulle väl dock knappast aflöpa lyckligt, derest ej äfven en annan omständighet vore för handen. Det har verkligen utförts; Blagden och Chantrey hafva i bakugnar utsatt sig för betydligt högre temperaturer än det kokande vattnets. Låtom oss jemföra en lefvande menniskokropps tillstånd med en marmorstatys, om båda äro i samma ugn! Den sednare upphettas alltjemt, ända tills den antagit den omgifvande luftens temperatur; icke så den förre. I sådant fall skulle de organiska väfnaderna ohjelpligt förstöras, och musklerna stekas i sin egen vätska. Men verkliga förhållandet är, att blodets temperatur knappast förändras genom den yttre hettan; denna förändrar i stället vätskans aggregat-tillstånd, den ökar utdunstningen, drifver vattnet ut genom porerna och förflyktigar det. Värmet förvandlas till potentiel energi, det verkställer arbete. Detta är den säkerhetsventil, om jag så får uttrycka mig, genom hvilken öfverflödet af hetta utströmmar; och häraf kommer det sig, att menniskoblodets temperatur är trots alla127

klimatets vexlingar oförändrad. Lappen och Hinduen hafva lika varmt blod; och en Engelsman, som reser från den ena polen till den andra, finner sin kropps värmegrad knappast ökad vid annalkandet till eqvatorn eller minskad bland isfälten.

Det anförda gäller emedlertid enclast i det fall, att värmetillförseln försiggår småningom, att värmet förbrukas lika hastigt, som det meddelas. Men sker detta meddelande för plötsligt — t. ex. vid beröring mecl en god ledare — för att värmets förvandling till denna oskadliga form af arbete kan ske med tillräcklig skyndsamhet, så skadas ofelbart kroppens väfnader.

Mail har i denna den lefvande kroppens förmåga att uthärda liög temperatur ej sällan velat se en yttring af en egendomlig skyddande lifskraft, Nåja — af en sådan bero ju på visst sätt alla förlopp inom den animala

organismen. Men det förlopp, som här är i fråga, är i sak alldeles detsamma som isens smältning eller vattnets afdunstning; det är en användning af värmet till inre arbete, i stället för till temperaturhöjning.

Allt hitintills hafva vi jemfört olika kroppars värmeledningsförmåga, men en och samma kropp eger stundom i olika rigtningar olika förmåga i detta hänseende. Sådan är till en början händelsen med åtskilliga kristaller. Se här t. ex. en stor bergkristall — en sexsidig pelare, som, om den vore fullständig, skulle bära en likaledes sexsiclig pyramid på hvardera basytan — värmet fortplantar sig lättare längs pelarens axel än i en deremot vinkelrät rigtning. Sénarmont har ådagalagt detta på följande enkla sätt. Här äro två slipade skifvor af kristallen; den ena (bild 60) är

Bild 61.

Bild 59.

Bild 60.1-28

skuren vinkelrätt mot dess axel, den andra (bild 61) parallelt dermed. Båda äro öfverdragna med ett tunnt lager af hvitt vax och hafva i midten ett fint hål, hvari en synål kan insättas; denna nål skall upphettas genom en derigenom ledd elektrisk ström och sålunda blifva vår värmekälla. Bild 59 visar hela anordningen af försöket ; B är stapeln, som utvecklar den elektriska strömmen, c och cl två trädkapslar, som innehålla qvicksilfver; den genom kristallskifvan Q insatta synålens öfre ända går genom bottnen af den öfre kapseln c, och dess nedre doppar ned i qvicksilfret i cl. När strömmen går fram från c till cl, upphettas nålen, och vaxet på skifvan smälter. Men på den förra skifvan bildar det smälta vaxet en cirkel (bild 60) och visar sålunda, att värmet der fortplantas lika hastigt i alla rigtningar; på den andra bildar det deremot en ellips (bild 61), hvars längre axel är parallel med kristallens.

Kalkspat förhåller sig i detta hänseende som bergkristall; dess ledningsförmåga är större längs den kristallografiska axeln än i en deremot vinkelrät rigtning. I en turmalinkristall eger deremot det motsatta förhållandet rum. Metallen vismut låter med lätthet klyfva sig i en viss rigtning och leder, enligt hvad Svanberg och Matteucci hafva visat, både värme och elektricitet bättre längs klyfningsplanen än vinkelrätt mot dem.

Träd erbjuder ett utmärkt exempel på denna olikhet i ledningsförmåga. För många år sedan anställde de la Rive och de Candolle en undersökning öfver denna fråga och funno, på fem olika trädslag som dervid användes, att ledningsförmågan var större längs fibrerna än vinkelrätt mot dem. Den metod, de använde, var just densamma, som Despretz (sid. 121) begagnat för undersökning af metallerna.

För några år sedan har jag sjelf undersökt denna fråga medelst den något vidlyftigare apparat, som beskrifves i bihanget till detta kapitel, och dervid funnit, att det — såsom man visserligen redan på förhand kunde förmoda — gifves i trädet tre mot hvarandra vinkelräta rigtningar, längs hvilka lednings-för mågan är olika. Ben första och förnämsta är parallel med trädets fibrer-, den andra vinkelrät bâcle mot dem och mot årsringarne; den tredje, utefter hvilken ledningsförmågan är svagast, är vinkelrät mot fibrerna och parallel med, eller rättare tangentiel till årsringarne.

Såväl detta förhållande, som de särskilda trädslagens olika ledningsförmåga visas af följande tabell, som innehåller resultaten af mina undersökningar. De nämnda tre riktningarne betecknas der i ordning med I, II, III. På ena sidan af en, 0,3 eng. tum lång, kub af hvarje särskildt trädslag lät jag under129

en minut en viss konstant värmekälla inverka, samt uppmätte derefter, medelst en termo-elektrisk stapel, den värmemängd, som under nämnda tid hade i den ena eller andra rigtningen passerat fram genom trädkuben. Ziffrorna i tabellen angifva gradtalen af den, med den termo-elektriska stapeln förenade gal-vanometernålens utslag.

Trädslag. I. II. III.

o. o o

1. Amerikansk Björk.............35 ... . 11,o 9,o

2. Ek.....................34 ... . 11,0 9,5

3. Bok....................33 ... . 10,8 8,8

4. Coromandelträd.............33 ... . 12,3 9,8

5. Lönn (vresig)...............31 ... . 12,o 11,o

6. Ljnsträd (Guatteria)...........31 ... . 12,i 10,6

7. Buxbom..................31 ... . 12,o 9,9

8. Tekträd..................31 .... 12,4 9,9

9. Rosenträd.................31 ... . 12,6 10,4

10. Peruvianskt kinaträd...........30 .... 11,7 10,7

11. Grönträd (Laurus chloroxylon).....29 ... . 12,6 11,4

12. Walnöt..................28 ... . 13,u 11,o

13. Hängask.................28 ... . 12,o 11,o

14. Cacaoträd................28 ... . 13.6 11,9

15. Sandelträd................28 ... . 11,7 .... 10,o

16. Tulpanträd................28 ... . 12,i 11,o

17. Kamfertträd...............28 ... . 10,o 8,6

18. Oliveträd.................28 ... . 13,2 10,5

19. Ask . ...27 ... . 11,5 .... 9.5

20. Galläple-ek................27 ... . 9,4 ... . 8,o

21. Apel....................26 ... . 12,5 .... 10,o

22. Jernträd.................26 ... . 12,4 .... 10.2

23. Kastanj e.................26 ... . 11,5 .... 10.1

24. Sykomor.................26 ... . 12,2 .... 10.6

25. Honduras-mahogny............25 ... . 10,o 9,o

26. Bresiljeträd...............25 ... . 13,9 11,9

27. Idegran..................24 ... . 12,o 11,o

28. Alm....................24 ... . 11,5 .... 10 o

29. Platan...................24 ... . 12,o 10,o

30. Lagerträd................24 ... . 11,5 .... 10,o

31. Spanskt mahogny............23 ... . 12,5 11,5

32. Skotsk fur................22 ... . 12,o 10,o

Denna tabell lemnar bland annat ett bevis på det ringa

inflytande, som trädslagets täthet utöfvar på dess ledningsförmåga. Amerikansk björk, som tvifvelsutan besitter sistnämnda egenskap i högsta grad, är ett ganska lätt träd; under det jernträd, hvars egentliga vigt är 1,426, står lågt på listan. Men å andra sidan intaga ek och Coromandelträd — hvilket sednare är så hårdt och tätt, att det

brukas till skarpa vapen af vildarne — en hög plats på densamma, under det skotsk fur och andra lätta trädslag stå lågt.

De la Rive och de Candolle hafva påpekat det stora gagn, som trädets dåliga ledningsförmåga i rigtning utifrån inåt måste utöfva; det växande trädet skyddas nemligen derigenom för plötsliga temperaturvexlingar. Men naturen har gått ännu längre och dessutom skyddat den lefvande organismen genom ett öfverdrag af ett annat ämne, som leder ännu sämre än trädet sjelft. Se här en jemförelse mellan ledningsförmågan hos fyra olika trädslag och deras tillhörande bark; ziffrorna hafva samma betydelse som i föregående tabell:

Bark Träd (rigtningen II)

o o

Bok.........7 10,8

Ek..........1 11,0

Alm.........7 11,5

Fur.........7 ... . 12,o.

Och slutligen ännu en jemförelse! Medelvärdet af de i andra kolunmeu af ofvan anförda tabell upptagna tal är i det närmaste 12. En kub af bergkristall, undersökt på alldeles samma sätt, gifver talet 90. Men också finnas de starkaste skäl för den förmodan, att bergkristallens ledningsförmåga är större än tillochmed åtskilliga metallers.

I allmänhet är de organiska ämnenas ledningsförmåga ringa. Jag har undersökt, på alldeles sätt som trädslagen och bergkristall, både lack, läder, vax, lim, guttapercha, kautschuk, mandel, kokta fårmuskler och råa kalfmuskler, men i intet af alla dessa fall varsnat något utslag af galvanometernålen.

Emedlertid vill jag här fästa Er uppmärksamhet på ett förhållande, som vid första påseendet kan tyckas vara en motsägelse. Här äro två lika stora prismer af vismut och jern; den ena ändytan af hvardera är öfverdragen med hvitt vax. Jag ställer dem, med denna ända uppåt, på locket af detta kärl, som innehåller varmt vatten; värmet fortplantar sig genom prismerna, och vaxet börjar redan smälta på det ena — nemligen på det af vismut. Nu har den hvita färgen försvunnit derifrån helt och hållet, under det vaxet på jernprismat ännu knappast visat något tecken till smältning. Men huru låter väl detta resultat förlika sig med uppgiften å sid. 122, att jernets ledningsförmåga förhåller sig till vismutens som 12 till 2? Det tyckes ju tvärtom här, som om vismuten ledde bättre. Denna skenbara ^motsägelse förklaras, om vi kasta en blick på tabellen sid. 85, 86 öfver kropparnes värmekapaciteter; jernets är nemligen 0,ii38, vismutens 0,0308; det förra kräfver alltså mer än tre gånger så stort värmebelopp som den sednare för att upphettas lika många grader. Ehuru således jernet fortplantar atomrörelsen131

vida bättre än vismuten och derföre äfven mottager under hvarje tidsenhet ett vida större värmebelopp än denne, blir likväl dess temperaturförhöjning mindre, vare sig på grund af dess atomers större antal eller af det inre arbetets storlek. Deremot kan vismuten omedelbart egna en betydlig del af den deråt meddelade atomrörelsen till sin temperaturs förökning och öfverträffar således skenbart jernet i egenskap af värmeledare.

I finnen häraf, huru origtig och missledande den framställning af Ingenhouss' här ofvan (sid. 121) omtalade försök är, som ej sällan anträffas i åtskilliga böcker; det säges nemligen der, att ju hastigare vaxet smälter, desto bättre ledare är ämnet. Detta är endast i det fall sannt, då den bättre och den sämre ledaren hafva samma egentliga värme; eljest bestämdt oriktigt, efter hvad vårt sednaste försök visat. Det rätta förfaringssättet är, såsom ock ofvan är antydt, att vänta, tills både jernet och vismuten hafva uppnått en konstant temperatur, tills hvardera verkligen mottagit från värmekällan så mycket värme, som det förmår; först då visar det sig riktigt, att den mängd deraf, som jernet förmått afleda, är många gånger större än vismutens. Yi erinra oss vårt försök med Trevelyans vackla, och att det dervid var fördelaktigt att till stöd begagna ett ämne, som starkt utvidgades af

värmet. Derföre lämpade sig bly bra dertill. Men zink utvidgar sig mer än bly, och likväl är det ej lika lämpligt till ändamålet. Skälet dertill är helt enkelt, att zinkens egentliga värme är mer än tre gånger så stort som blyets, hvadan det värme, som af vacklan meddelas zinken, åstadkommer blott en tredjedel så stor temperaturförhöjning, som i händelse bly begagnas, och en i samma mån mindre utvidgning.

Dessa betraktelser visa ock, att i mina undersökningar om trädslagen den värmemängd, som under en minuts tid genomgår kuben, icke kan strängt taget anses såsom ett mått på trädets ledningsförmåga, såframt ej de särskilda slagens egentliga värme är detsamma. Några undersökningar öfver denna sistnämnda fråga känner jag ej. Men i fråga om molekular-byggnadens inflytande bibehålla mina resultat ändock sin fulla giltighet, ty der jemföra vi blott de olika rigtningarne med hvarandra inom samma kub. Hvad de öfriga organfca ämnena beträffar, vill jag blott nämna, att äfven om man lemnar dem tillräcklig tid att upptaga allt det värme, de förmå, så blir i alla fall deras förmåga att fortleda denna rörelse ytterst liten. De äro i hvarje fall mycket dåliga ledare.

Också är det just denna egenskap, som gör t. ex. ylleväfnader så lämpliga till beklädnad; de skydda kroppen för plötsliga

9*132

temperaturvexlingar. Af samma skäl bevaras också is för smältning genom insvepning i flanell. De djur, som bebo kalla länder, förses af naturen med sin nödiga beklädnad, och isynnerhet foglarne behöfva dylikt skydd, emedan de äro mera varmblodiga än däggdjuren, Också äro de försedda med fjädrar, och mellanrummen mellan dessa äro fyllda med dun, hvars moleku-larbeskalfenhet och mekaniska byggnad gör det till den kanske sämsta värmeledaren af alla. Se der ett nytt exempel på den öfverensstämmelse mellan lifvets behof och naturens förhållanden, som städse erbjuder sig för forskaren.

Den outtröttlige Rumford utförde en hel serie af noggranna försök för att utröna ledningsförmågan hos åtskilliga ämnen och isynnerhet sådana, som vanligen användas till kläder. Hans förfaringssätt var följande. En qvicksilfvertermometer upphängdes längs axeln af ett cylindriskt glasrör, som nedtill var utblåst till en kula, på det sätt att termometerkulans medelpunkt befann sig midt i denna sednare. Derefter fylldes mellanrummet mellan båda kulorna med det ämne, som skulle undersökas; instrumentet uppvärmdes i kokande vatten och nedsänktes derpå i en blandning af is och salt, hvarefter man observerade den tid, som åtgick för 75 graders afkylning. Dessa tider befunnos

vara för

Sekunder

Spunnet silke................ 917

Fint lin...................1032

Bomull....................1046

Fårull....................1118

Taft......................1169

Båsilke...................1264

Bäfverpels..................1296

Ejderdun.................. 1305

Harull....................1312

Aska..................... 927

Kol...................... 937

Lampsot..................1117.

Bland samtliga de anförda ämnena är således harull den sämste ledaren.

På en kropps värmeledningsförmåga utöfvar äfven dess mekaniska tillstånd ett betydligt inflytande. Redan olikheten mellan rått och spunnet silke i Rumfords tabell visar detta. Den fasta bergkristallen leder bättre än vismut och bly; men dess pulver nästan ej det ringaste. Genomskinligt bergsalt är god ledare, vanligt bordsalt mycket dålig. Här är ett stycke asbest, ett amne som består af vissa silikater (kiselsyrade salter) i trådlik form; jag lägger det på min hand och derofvanpå en rödglö-jernkula; dess hetta tränger ej igenom, den upptages af133

asbesten. Att en dylik materiens anordning skulle hindra värmets fortplantning, var också lätt att förutse; ty då värmet är en rörelse, måste hvarje afbrott i den molekularkedja, genom hvilken denna rörelse ledes, verka hindrande. Här i asbesten äro trådarne skilda från hvarandra af luft; rörelsen måste, för att fortplanta sig, oupphörligt öfvergå från en fast kropp till en gas, och tvärtom. I ett djurs pelsbeklädnad är hindret ännu större; asbestens trådar äro åtminstone hvar för sig goda ledare, pelsens hår deremot icke. Man har sett lava flyta öfver ett lager af aska, hvilande på is; hettan har ej framträngt till den sednare. Glödande kulor kunna transporteras till kanonen i trädkärror, fyllda med sand. Is inpackas i sågspån, när man vill skydda den för smältning. Men det gifves fall, då sågspån, agnar, pulveriseradt trädkol och dylika dåliga värmeledare ej kunna begagnas till ifrågavarande ändamål på grund af sin brännbarhet, och vid sådana tillfällen är gipsmjöl det bästa medel, man känner; tillochmed i fast kristalliniskt tillstånd leder gips vida sämre än silikater, och dess mjöl är derföre vida mera ogenomträngligt än sand, der hvarje särskildt korn är god ledare. Ett fodral af gips kring en ångpanna skulle betydligt minska dennas värmeförlust.

Dessvärre råkar man, i fråga om ångpannor, stundom ut för ett helt annat slags fodral — nemligen på insidan och hvilket äro ingenting mindre än nyttigt. Vatten håller nemligen för det mesta åtskilliga mineralier upplösta; det upptager dem vid sitt framsipprande genom jorden. Så t. ex. innehåller det ofta, i grannskapet af kalkhaltiga berg, en viss mängd kolsyrad kalk och kallas då "hårdt" vatten; äfven svafvelsyrad kalk är en vanlig ingrediens deri. Vid afdunstning bortgår naturligtvis endast det rena vattnet, och mineralierna stadna qvar; häraf härröra bland annat de inkrustationer, som vissa källor afsätta på växter och stenar. Vid kokning inträffar detsamma; det finnes väl knappt en vattenkittel i London, som ej är inuti öfverdragen med s. k. pannsten. I ångpannor bildar denna en allvarsam olägenhet; den är nemligen en mycket dålig ledare och kan stundom bilda ett så tjockt lager, att värmet hindras från att framtränga till vattnet. Se här ett exempel på ett dylikt missöde! Detta är ett stycke af pannan på en ångbåt, som af brist på kol var nära att förolyckas; för att bringa den in i hamnen, måste rårna och allt virke ombord, som man möjligen kunde undvara, stoppas i ugnen. Vid undersökning fann man sedan denna samling af kolsyrad kalk i pannan. Tvifvelsutan har man ock häri att söka orsaken till den långsamhet, hvarmed åtskilliga kittlar bringas till kokning.134

Ett par exempel på, huru goda ledare hindra värmet att samla sig på ett ställe, må här också anföras. Här äro två lika stora klot, det ena af koppar och det andra af träd; jag öfverdrager båda med hvitt papper och sätter en brinnande spritlampa under hvardera. Värmerörelsen meddelar sig naturligtvis lika lätt åt båda två, men i det ena bortledes det hastigt från kulans beröringspunkt med lågan och sprider sig genom dess hela massa; i det andra sprides det deremot icke, utan får samla sig på ett ställe. Och här sen I resultatet; när papperen aftagas, visar sig det kring trädkulan lindade vara förkoladt-, det andra deremot fuktigt på sin undre sida, i följd af den ur lågan utvecklade vattenångans kondensation.

Här är vidare en med papper öfverdragen cylinder; jag håller dess midt öfver lampan och vrider den så, att lågan får beröra den rundtomkring. I sen en tydlig gräns, på hvars ena sida papperet kolas, på den andra icke. Cylindern består nemligen till hälften af messing, till hälften af träd; papperet öfver det sednare förkolas, öfver det förra blir oskadadt,

Om man meddelade en vanlig bösskulas hela rörelsekraft åt en tung kanonkula, skulle denna försättas i en ganska obetydlig rörelse. Antag, att deii sednare vägde 100 gånger så mycket som den förra, och att denna ilade ut ur bössan med en fart af 1600 fot i sekunden; denna samma kraft skulle uppenbarligen meddela kanonkulan blott 16 fots hastighet. Detsamma gäller om en vanlig ljuslåga; dess molekular-rörelse är mycket häftig, men hela dess

massa, högst ringa; och denna rörelse skulle derföre, om den meddelades åt en tung kropp, betydligt minskas. Här är ett nät af metalltråd, hvars maskor äro tillräckligt stora att genomsläppa luften, och här en klart brinnande gaslåga. Jag sätter nätet ned på denna; I föreställen Er måhända, att lågan skall med lätthet gå igenom maskorna; men ingenting-dylikt inträlfar; förbränningen blir inskränkt till rummet nedanför nätet (bild 62). Jag släcker lågan och låter den oantända gasen strömma ut ur brännaren, samt håller der-

Bild 62.

Bild 63.135

efter nätet öfver, så att gasströmmen får draga fram genom dess maskor. Tänder jag nu gasen derofvanför, så bildas en låga, men den fortplantar sig ej ned till brännaren (bild 63); I sen ett mörkt, fyra tum högt rum mellan brännaren ocb nätet, ett rum fyldt med gas, som ej tänder sig, fastän den onekligen befinner sig i ett mycket kritiskt tillstånd.

Ni finner alltså, att denna metallväf, som genomsläpper gasen, likväl utestänger lågan. Och hvarföre? Derföre att en viss värmegrad är nödvändig till gasens antändning; men då man håller in trådnätet i elden, öfverföres denna ytterst lätta kropps molekular-rörelse till den vida tyngre metallen. Härigenom nedsättes betydligt denna rörelses hastighet; ja så mycket, att den ej är i stånd att åstadkomma antändning på motsatt sida om metallväfven.

Dessvärre hafva vi nog allesammans hört talas om de olycksfall, som inträffat genom explosioner i våra stenkolsgrufvor. Orsaken till dem är som bekant en viss gas, en förening mellan kol och väte, som utvecklas i stenkolslagren. När denna blandas mecl en viss mängd luft, exploderar den vid antändning; dess kol förenar sig med luftens syre till kolsyra, vätet med syret till vatten. Genom sjelfva explosionens hetta förbrännas grufarbetarne; men äfven om de ej på detta sätt förlorade lifvet, skulle de qväfvas efteråt af kolsyran. Den ursprungliga kolvätegasen kallas af dem "eldgas", kolsyran "qväfgas".

Det var Davy, som iakttog den verkan, I nyss sett ett metalltrådsnät utöfva på en låga, och derpå grundade konstruktionen af en lampa, som gjorde det möjligt för grufarbetaren att föra sitt ljus in i en dylik explosiv atmosfer. Dessförinnan hade han måst till sin belysning nöja sig med gnistor ur stål och flinta, hvilka, efter hvad erfarenheten visat, icke förmådde antända "eldgasen".

Davys säkerhetslampa (bild 64) är endast en vanlig oljelampa, omgifven af en metalltrådscylinder. Sålänge dess låga näres af ren luft, brinner den med vanligt stilla sken; men föres lampan in i "eldgas", vidgas lågan och blir mindre klart lysande. Detta är för grufarbetaren ett tecken att skynda undan. Sannt är det visserligen, att elden ej
Bild 64.136

lätt fortplantar sig genom nätet till den farliga omgifningen; att hela cylindern kan fyllas med en nästan ljuslös låga, utan att ändock explosion uppkommer — men en enda liten skada i trådväfven, en tillfällig oxidation på någon punkt deraf kan vara tillräcklig att åstadkomma olycka; ja, endast en hastig rörelse af lampan kan mekaniskt drifva elden ut genom maskorna. Med ett ord, det fordras en icke ringa grad af omdöme och försigtighet för att rätt behandla instrumentet. Dessvärre är detta vilkor visst icke alltid uppfyldt, och följderna deraf hafva ej uteblifvit. Man borde aldrig antaga en man eller gosse till grufarbetare, utan att hafva genom fysikaliska experiment gjort dessa förhållanden fullt tydliga för honom. Blotta förmaningar äro ej nog; men gif arbetaren en rätt åskådlig föreställning om hvad han har att vänta i händelse af oförsigtighet, och den varnande bilden skall länge föresväfva honom, långtsedan de varnande orden utplånats ur hans minne.

Och slutligen några ord om vätskors och gasers ledningsförmåga! Rumford anställde äfven i detta hänseende talrika försök, vittnande både om klar uppfattning af frågan och experimentel skicklighet. Han ansåg vätskor bestämdt sakna förmåga att fortplanta värme genom ledning, hvilken ban mycket riktigt skilde från öfverförning; och för att ej denna sednare skulle komma med i spelet, upphettade han vätskan ofvanifrån. Sålunda fann han, att en het jerncylinders värme ej förmådde tränga nedåt genom ett knappt två linier tjockt lager af olivolja; lian kokade vatten i ett glasrör öfver is, utan att smälta denna. Nyare försök af Despretz hafva emedlertid visat, att vätskor verkligen ega ledningsförmåga, ehuru ytterst liten. Äfven gasernas ledningsförmåga förnekades af

Rumford; frågan derom har i sednaste tid åter upptagits af Magnus i Berlin, hvilken anser sig genom försök hafva ådagalagt, att vätgasen leder värme lika bra som en metall.

Luftens afkylande inverkan på grund af värme-öfverföring kan visas sålunda. Sänder man en elektrisk ström genom en spiral af pla-tinatråd, blir denna starkt glödande; sträckes derpå tråden, så att den blir alldeles rak, försvagas glöden genast — man kan knappt se den. Detta beror naturligtvis af luftens friare tillträde^ till tråden. Här är en recipient It (bild 65), ur hvilken luften kan utpumpas; vid dess botten är fästad en metallstång m,

Bild 65.137

och vid dess öfre ända en annan ab, som kan föras upp och ned genom en lufttätt slutande packning, så att spetsarne b och m kunna bringas på hvilket inbördes afstånd som helst. För närvarande äro de förenade genom en två tum lång platinatråd; jag låter en svag elektrisk ström från ett enda element gå fram derigenom, och tråden lyser så matt, att det knappt synes; den omgifvande luften bortför dess värme. Pumpas nu luften ut, blir ljuset märkbart starkare. Jag släpper åter in luften — glöden utsläckes för en liten stund belt och hållet; men sedan inströmningen upphört, börjar tråden åter lysa helt svagt som förut. Denna inträdande luftström verkar uppenbarligen på samma sätt som den, hvilken åstadkommes af tråden sjelf, då den upphettar luften rundtomkring sig. Om någon ledning är naturligtvis här alls ej fråga.

Samma verkan erhålles, men i en vida högre grad, om vätgas användes i stället för luft. Denna vigtiga iakttagelse, som gjordes af J. Grove, har utgjort sjelfva utgångspunkten för Magnus' undersökningar. Recipienten är nu tom, och tråden nästan hvitglödande. Luft förmår ej mer än nedsätta dess hetta till mörk rödglödning, men se nu, hvad vätgas kan uträtta. Insläppes sådan, blir trådens ljus alldeles utsläckt, och det fortfar att vara så, ännu sedan recipienten blifvit alldeles full med gas, och inströmningen längesedan upphört. Och likväl är den elektriska ström, som nu går igenom tråden, starkare än nyss; den utvecklas nemligen af två element. Jag tar nu tre, och tråden synes glöda svagt; tar jag fem, blir glöden starkare, men likväl ännu endast röd. Funnes ej vätgas derinne, skulle platinan ofelbart uppsmältas af denna ström. Låtom oss försöka det genom att pumpa ut gasen! De första pumpslagen frambringa just ingen verkan, men snart börjar förtunningens inflytande att visa sig; tråden blir hvit och tyckes, särdeles för de mer aflägsne åskådarne, svälla ut ända till en gåspennas tjocklek. Nu befinner den sig just vid smältningspunkten; ännu några slag —- och ljuset slocknar; tråden smälte sönder.

Denna vätgasens kylande inverkan har man i allmänhet tillskrifvit dess partiklars rörlighet, på grund hvaraf strömmar kunna vida lättare uppkomma i den än i någon annan gas. Magnus anser emedlertid, att trådens afkylning härrör af verklig ledning. För att motverka, om icke alldeles förhindra uppkomsten af strömmar, ledde han platinatråden längs axeln af ett mycket trångt glasrör, fyldt med vätgas. Ehuru tråden sålunda omgafs blott af ett mycket tunnt gaslager, hvari man knappast kunde tänka sig strömmar i vanlig mening uppkomma, visade sig detta lager lika mäktigt att utsläcka glöden, som de stora138

gasmassor, hvaraf tråden i vårt nyss anställda försök omgafs. Magnus upphettade vidare den slutna öfre ändan af ett kärl och fann, att värmet leddes derifrån till en på något afstånd nedanför belägen termometer hastigare, om kärlet var fyldt med vätgas, än om det var fyldt med luft. Så var förhållandet, äfven om kärlet var löst fullstoppadt med bomull eller ejderdun; i detta fall, säger han, kunde strömmar omöjligen uppkomma, utan värmets fortplantning måste bero på ledning.

Så vackra och sinnrika dessa försök än äro, anser jag dem dock ej tillräckligt bevisande. Låtom oss antaga i Magnus' första försök, att tråden spändes längs axeln af en mycket vid cylinder, som innehölle vätgas; vi skulle då naturligtvis hafva en vanlig öfverföring af värme, när den upphettades. Hvart tager detta bortförda värme tillsist vägen ? Naturligtvis meddelas det åt cylinderns väggar, och om vi göra denna allt trängre, påskyndas uppenbarligen derigenom öfverföringen. Antagom, att cylindern alltjemt göres smalare, tills vi slutligen hafva för oss ett trångt rör — värmets öfverföring från tråden till väggarne fortgår dervid oupphörligt, och således äfven afkylningen. Gasens temperatur nedsättes genom dess beröring med det tunga röret, och sålunda sättes den åter i stånd att borttaga värme från tråden. Hvad åter det sednare försöket beträffar, så fordras det för det första en matematiskt horizontel yta och ett fullkomligt likformigt meddelande af värme åt densamma, för det andra att

lika fullkomligt hindra värmet från att. meddela sig åt kärlets sidoväggar — för att bestämdt förekomma strömmars bildande. Äfven i bomullens och ejderdunets mellanrum kan nog vätgaspartiklarnes rörlighet göra sig gällande, och tages allt detta tillsammans, menar jag, att frågan om vätets ledningsförmåga alltfortfarande är oafgjord.

Bihang till kap. VII,

Tyndalls apparat för bestämning af trädslags värmeledningsförmåga.

QQ'RR' (bild 66) är en aflång skifva af mahogny, A en stång af antimon, B en dylik af vismut; deras venstra ändar hållas tatt tillhopa genom elfenbensklämmarne IT, och deras högra äro139

också fästade i ett elfenbensstycke. Frän dessa sistnämnda anda g* två platinatrådar till de små elfenbenskopparne MM och sta dei i lidande beröring med en i hvardera innehållen qvicksilfverdroppe.

Bild 66.

Bild 67.140

Från både J och I' utskjuter åt venster ett, i bilden synligt, utsprång; dessa äro sinsemellan förenade med en fin membran, som med dem innesluter kammaren m, hvars botten är af elfenben, och i hvilken den kilfonniga ändan af beröringsstället mellan vismuten och antimo-nen sticker in. S är en regel af träd, som kan skjutas fram och åter medelst häfstången L; denna vrider sig kring en axel vid Q, och deri är en ränna utskuren, hvari stiftet p' kan röra sig. Vid regelns 8 högra ända synas två utsprång, mellan hvilka en membran är spänd; sålunda bildas en kammare m\ hvars tre väggar och botten äro af träd, men den fjerde utgöres af membranen; äfven denna kammare innehåller qvicksilfver. På dess venstra vägg är en tunn platinatråd, som är böjd flere gånger upp och ned (bild 67), inlagd och fastslagen i regelns ändyta; man har derefter affilat denna yta, så att den blifvit fullt plan, och täckt tråden med ett tunnt, glimmerblad, för att hindra omedelbar beröring mellan den och det i kammaren innehållna qvicksilfret. Den böjda trådens ändar ww' föra till två små fördjupningar ce' i en elfenbensskifva, hvilka äro fyllda med qvicksilfver. Det rätvinkliga rummet efgh är utskuret ur mahognyskif-van, och dess botten bildas af en vid denna skifvas undre sida fast-skrufvad messingsplåt, som är skuren i den form. de punkterade linierna i bilden angifva; från denna plåt höja sig fyra koniska elfenbensstolpar abcd; deras toppar, hvilka i bilden tyckas ligga i samma plan som vismut- och antimon-stängernas öfre yta, äro i verkligheten 0,3 eng. tum lägre.

Af det trädslag, som skall undersökas, formas en kub af 0,3 eng. tums sida, och denne ställes på stöden abcd; regeln S skjutes derefter mot kuben, så att denne tryckes fast mellan regelns utsprång och elfenbens-utsprången vid IF. Härvid tryckas äfven de båda kamrarnes m och m' membraner af det inneslutna qvicksilfret, liksom två elastiska kuddar, sakta mot kuben, och sålunda försäkrar man sig om den likformiga beröring, som är nödvändig. ßegeln S fasthålles i denna ställning af spiralfjädern r, som kan fästas vid stiftet R

Det gäller nu att skaffa sig en värmekälla af noggrannt mätbar och konstant styrka; dess värme skall meddelas åt kubens venstra sida, och derefter skall uppmätas den del deraf, som under en minuts tid genomgår kuben. Denna källa synes till venster om den ofvan beskrifna apparaten; B är nemligen en liten elektrisk stapel, vanligen blott ett enda element, hvars ström genomgår tangentbusso-len F och rheostaten JR*): förmedelst dessa hålles strömmen fullkomligt konstant dag från dag. Från R ledes denna ström till c, derefter genom den böjda platinatråden (i bild 67), som deraf uppvärmes, till c', hvarifrån den går till stapelns andra pol. Medelst nyckeln k kan den efter behag afbrytas eller framsläppas.

Den uppvärmda platinatråden meddelar sitt värme åt qvicksilfret i kammaren m'; detsamma ledes derefter, som sagdt, genom trädkuben till qvicksilfret i m och frambringar genom sin inverkan på det

*) Tangentbussolen är en slags galvanometer, medelst hvilken en elektrisk ströms styrka kan noggrannt uppmätas; rheostaten deremot ett instrument att efter behag öka eller minska denna styrka, derigenom att man medelst en enkel mekanism förkortar eller förlänger ledningstråden.141

termo-elektriska paret AB en ny elektrisk ström, som från kopparne MM ledes genom galvanometern G.

Försöken anställas sålunda. Sedan man förvissat sig om, att galvanometernålen i G visar på 0°, afbrytes den dithörande ledningen medelst nyckeln k'. I ett visst ögonblick, angifvet af en klockas sekundvisare, framsläppes medelst nyckeln k den elektriska stapelns B ström och får framgå under en minut; på den 60:de sekunden afbrytes den åter medelst k, och på samma gång framsläppes medelst k' den termo-elektriska strömmen. Galvanometernålens utslag afläses; dess storlek beror naturligtvis af den värmemängd, som genom trädkuben framkommit till föreningsstället mellan A och B.

KAP. YIII.

Afkylning är en förlust af rörelse; till hvad meddelas denna rörelse?

— Akustiska försök till belysning af frågan. — Optiska försök.

— Emissions- och Undulations-teorien. — Ljusets våglängder och svängningstal. — Den fysiska orsaken till färgerna. — Spektrums osynliga strålar. — Förklaring af värmestrålningen. — Det strålande värmets återkastning från plana och buktiga ytor: lagen derför är densamma som för ljuset. — Försök med två hålspeglar.

Yi befinna oss nu just på gränsen mellan de båda afdel-ningarne af vårt område. Hittills hafva vi alltjemt sysselsatt oss med värmet, såsom förbundet med fasta, flytande eller gasformiga kroppar, kortligen såsom termometriskt; vi hafva sett det förändra dessa kroppars volymer, sett det smälta de fasta och förflyktiga vätskorna; sett det fortplanta sig genom de förra medelst ledning och sprida sig genom vätskor och gaser medelst öfverförning. Vi komma hädanefter att studera det under helt andra förhållanden än de hittills betraktade.

Här hänger en upphettad koppar kula 1 luften; I sen den glöda, dess glöd aftager, kulan blir mörk; den afsvalnar. Med den uppfattning af värmets väsende, som vi nu hafva, måste vi betrakta denna afsvalning såsom en förlust af molekular-rörelse. Men rörelse kan ej gå förlorad, den måste meddelas åt något annat ting; till hvilket annat har då kulans molekular-rörelse öfverflyttats? I skolen antagligen svara mig: Till luften; och detta är sannt, men blott till en del. Luften stryker fram öfver kulan och stiger upp deröfver i en varm ström; I sen densamma ganska tydligt mot skärmen, när jag låter en stark ljus- 141

termo-elektriska paret AB en ny elektrisk ström, som från kopparne MM ledes genom galvanometern G.

Försöken anställas sålunda. Sedan man förvissat sig om, att galvanometernålen i G visar på 0°, afbrytes den dithörande ledningen medelst nyckeln k'. I ett visst ögonblick, angifvet af en klockas sekundvisare, framsläppes medelst nyckeln k den elektriska stapelns B ström och får framgå under en minut; på den 60:de sekunden afbrytes den åter medelst k, och på samma gång framsläppes medelst k' den termo-elektriska strömmen. Galvanometernålens utslag afläses; dess storlek beror naturligtvis af den värmemängd, som genom trädkuben framkommit till föreningsstället mellan A och B.

KAP. YIII.

Afkylning är en förlust af rörelse; till hvad meddelas denna rörelse?

— Akustiska försök till belysning af frågan. — Optiska försök.

— Emissions- och Undulations-teorien. — Ljusets våglängder och svängningstal. — Den fysiska orsaken till färgerna. — Spektrums osynliga strålar. — Förklaring af värmestrålningen. — Det strålande värmets återkastning från plana och buktiga ytor: lagen derför är densamma som för ljuset. — Försök med två hålspeglar.

Yi befinna oss nu just på gränsen mellan de båda afdel-ningarne af vårt område. Hittills hafva vi alltjemt sysselsatt oss med värmet, såsom förbundet med fasta, flytande eller gasformiga kroppar, kortligen såsom termometriskt; vi hafva sett det förändra dessa kroppars volymer, sett det smälta de fasta och förflyktiga vätskorna; sett det fortplanta sig genom de förra medelst ledning och sprida sig genom vätskor och gaser medelst öfverförning. Vi komma hädanefter att studera det under helt andra förhållanden än de hittills betraktade.

Här hänger en upphettad koppar kula 1 luften; I sen den glöda, dess glöd aftager, kulan blir mörk; den afsvalnar.

Med den uppfattning af värmets väsende, som vi nu hafva, måste vi betrakta denna afsvalning såsom en förlust af molekular-rörelse. Men rörelse kan ej gå förlorad, den måste meddelas åt något annat ting; till hvilket annat har då kulans molekular-rörelse öfverflyttats? I skolen antagligen svara mig: Till luften; och detta är sannt, men blott till en del. Luften stryker fram öfver kulan och stiger upp deröfver i en varm ström; I sen densamma ganska tydligt mot skärmen, när jag låter en stark ljus-142

stråle falla derpå. Men icke hela, ja icke ens största delen af kulans molekular-rörelse förskingras på detta sätt; hängde den i lufttomt rum, skulle den ändock kallna. Rumford, om hvilken vi hört så mycket talas, hängde en liten termometer på en fin silkestråd midt i en fullkomligt lufttom glaskula och fann, att värmestrålarne gingo igenom tomrummet; ett säkert bevis på att värmets meddelande är oberoende af luften. Davy, hvars apparat står här på bordet, visade, att värmestrålar från elektriskt ljus gå fram genom ett lufttomt rum; vi kunna sjelfve ganska lätt upprepa hans försök. För sådant ändamål behöfva vi blott taga den redan en gång begagnade recipienten (bild 65), bortskaffa lemningarne af platinatråden, som då förstördes, och fästa en bit gaskol vid hvardera ändan af de två stängerna m och ah. Jag pumpar derpå ut luften, för kolspetsarne tillsammans och låter en elektrisk ström gå igenom dem. I det ögonblick de dragas isär, se vi det elektriska ljuset, och den termo-elektriska stapeln står här tillhands för att uppfånga en del af strålarne. Galvanometernålen flyger ögonblickligen åt sidan — och detta förorsakas naturligtvis af strålar, som genomgått tomrummet.

Men till hvad meddelas då den afsvalnande kulans molekular-rörelse, om ej till luften? Vi måste så småningom söka svaret på denna fråga. Ett stort steg framåt tog vetenskapen, då man först klart begrep, på hvad sätt ljudet fortplantar sig genom luften, och vigtigt var i sanning det experiment, hvarigenom först Robert Boyle och sedermera Hauksbee ådagalade, att det ej kunde fortplanta sig genom tomrummet. Jag vill visa Er, huru ljudvågorna skrida fram genom luften och använder för det ändamålet en flat klocka, fästad med öppningen uppåt på ett stativ. När en violinstråke drages på dess rand, hören I klockans ton; den vibrerar nu, och om man strör sand på dess botten, ordnar sig denne i en viss figur. Vore den fylld med vatten, skulle vi få se dettas yta krusas af små regelbundna vågor; och dessa skulle visa oss, att klockan, idet den gifver sin ton, delar sig i fyra vibrerande delar, skilda från hvarandra genom s. k. nodal-linier, längs hvilka ingen vibration eger rum. Jag har förfärdigat en slags låg trumma eller resonansbotten genom att spänna ett papper öfver ett tunnband, och håller den öfver den ljudande klockan, dock så att de ej vidröra hvarandra; I hören tydligt papperet dallra. Det är emedlertid för löst spändt; jag håller det framför elden för att öka spänningen, och upprepar derpå försöket. Nu hören I ej längre en blott dallring, utan en riktig musikalisk ton, jemte klockans egen. Den blir starkare eller svagare, allteftersom143

jag sänker eller höjer trumman, närmar eller aflägsnar den från ljudkällan; det är denna sistnämndas rörelse, som meddelat sig åt luften, derigenom öfverförts till papperet och förvandlat detta i sin ordning till en ljudande kropp.

Här äro två svärtade mes-singsskifvor A och B (bild 68), förenade medelst en metallstaf; på båda är strödd fin hvit sand. Jag fattar stafven på midten mellan tummen och pekfingret af min venstra hand och, hållande den lodrätt, drar jag med min högra längsefter densamme ett stycke flanell, beströdt med pulveriseradt harz. I hören ett ljud och sen, att detta enda drag har kommit sanden att ordna sig i tydliga koncentriska ringar. Jag stryker nu saktare; I hören en svag musikalisk ton; sanden dallrar och samlar sig så småningom i samma linier som nyss. De äro nu så tydliga, som vore de ritade; likadana finnas på den

öfre skifvan. Metallstafvens dallringar hafva meddelat sig till båda och delat hvardera i vibrerande delar, åtskilda af orörliga nodallinier, på hvilka sanden kommer till hvila.

Jag vill nu visa Er dessa dallringars öfverförande genom luften. På golfvet ligger vår papperstrumma D, beströdd med mörk sand; jag kan stå på bordet eller tillochmed nära taket och ändå "få ljud i den". Under det metallstafven, som förenar messingsskifvorna, är rig-tad rätt emot trumman, stryker jag den kraftigt med det hartsade flanellstycket; ett enda drag — och sanden lägger sig genast i ett slags nätformigt mönster. En dylik verkan utöfva ljudvågorna på örats trumhinna; denna försättes i dallring liksom papperet på resonansbottnen,

Bild 68.144

och dess rörelse, öfverförd genom hörselnerven till hjernan, uppväcker hos oss förnimmelsen af ljud.

Ett ännu mera slående exempel i samma väg är dock det följande. Jag låter en ström af lysgas utgå ur en liten öppning, antänder den och erhåller sålunda en smal låga af ungefär en halftums höjd; omkring denna sätter jag ett 10 tum långt glasrör AB (bild 69). Och nu vill jag tilltala denna låga.

Lyckas jag träffa hennes riktiga ton, svarar hon mig straxt genom att angifva densamma och fortfar att sjunga i den, så länge gasen brinner. Röret räcker nu knappast ett par tum ned öfver lågan; räckte det längre, skulle hon börja sjunga af sig sjelf, såsom fallet är i den s. k. vätgas-harmonikan. Nu gör jag ett försök; lågan svarar ej, emedan det ej |. var hennes rätta ton. Men tar jag den litet högre, så lyckas det; lågan sträcker ut sig och sjunger kraftigt. Man kan stå på 20—30 fots afstånd från henne och lyckas ändå lika bra; genom öfning kan man tillochmed läraE sig att tysta henne.

Men hvartill tjena nu alla dessa försök med ljudet? Helt enkelt till att gifva Er ett tydligt begrepp om hvad som sker i fråga om värmet; till att föra Er från det materiela och påtagliga till det okroppsliga, från den sinliga varseblifningens område till teoriens.

Då forskarne väl kommit underfund med det sätt, hvarpå ljudet frambragtes och fortplantades, var det helt naturligt, att

Bild 69.

en och annan bland dem skulle på grund af analogi förmoda, det äfven ljuset frambringas och fortplantas på något liknande sätt. Kanske erbjuder vetenskapens hela historia intet exempel på en hetare strid, än den som förts om denna fråga. Newton ansåg ljuset bestå af små partiklar, som utslungades från de lysande kropparne; detta var den ryktbara Emissionsteorien. Huyghens, Newtons samtida, fann det något betänkligt att antaga denna kanonad af partiklar; de skulle ju flyga med rentaf ofattlig hastighet genom rymden och ändå ej störa hvarandra. Rimligare syntes det honom, att ljuset skulle frambringas genom vibrationer, snarlika ljudets. Euler understödde Huyghens, och ett af hans skäl är, ehuru ingalunda fysikaliskt, så egendomligt, att det må här anföras. Han betraktar våra fem sinnen och de sätt, hvarpå de afficieras af yttre föremål. "Hvad lukten beträffar", säger han, "veta vi ju, att den frambringas genom materiela partiklar, som utgå från en flyktig kropp. Då vi deremot höra, afsöndras ingenting från den ljudande kroppen, men för att känna en sak måste vi komma åt den sjelf. Det afstånd, på hvilket våra sinnen förnimma kroppar, är, i fråga om känseln, alls intet; i fråga om lukten, ganska litet; i fråga om hörseln, mycket betydligt; men i fråga om synen, störst af alla. Derföre är det mera sannolikt, att samma fortplantnings-sätt eger rum för ljud och ljus, än för lukt och ljus; — att lysande kroppar förhålla sig, icke som flyktiga, utan som ljudande".

Newtons utomordentliga anseende undertryckte dessa båda mäns åsigt, och det var först, då en snillrik man — just här, inom dessa murar — upptog frågan, som Vibrations- eller Unclulations-teorien kunde med någon utsigt till framgång börja täfla med Emissionsläran. Thomas Young, fordom professor i naturvetenskap vid detta institut, tillkommer den odödliga äran att först hafva satt en dam mot denna ström af auktoritetstro, och att hafva på en säker grund uppbyggt den ifrågavarande teorien. Stora verk hafva uträttats i dessa salar, men knappast något större än detta. Och Young leddes till sina slutsatser angående ljuset genom en serie af akustiska försök; han, liksom vi i denna stund, höjde sig från det kända till det okända, från det påtagliga till det okroppsliga. Frågan har sedan den tiden vidare behandlats af många andra snillen, men blott ett namn vill jag här anföra vid sidan af hans, ett namn som på detta område aldrig kan förgätas — Augustin Fresnel *).

*) Det torde vara nödvändigt att anmärka, det förfins, onekligen mera dristiga än opartiska historiska exposéer i allmänhet, och den här förekommande i all synnerhet stå helt och hållet för hans egen räkning. ' Ö. A.

Enligt denna åsigt, som numera är allmänt antagen, består ljuset i en dallrande rörelse hos den lysande kroppens

molekuler. Men huru öfverföres denna rörelse till våra synorgan? Ljudet har luften till sitt medium, och en noggrann undersökning af de optiska företeelserna, grundad på de finaste och mest afgörande experiment, har ledt forskarne till den slutsats, att rymden är uppfylld af ett, nästan oändligt elastiskt ämne, genom hvilket ljusvågorna framgå. Häröfver måste vi söka bilda oss fullkomligt klara begrepp. Förståndet känner ingen skilnad mellan stort och litet; det kan lika så lätt tänka sig en dallrande atom, som en svängande kanonkula; det har ej svårare att fatta denna s. k. ether, hvilken utfyller hela verldsrymden, än att tänka sig denna rymd fylld med gelatin. I måsten således föreställa Er de lysande kropparnes atomer såsom dallrande, och dessa dallringar meddelade åt verldsethern, i hvilken de försiggå, samt fortplantade derigenom i form af vågor; dessa vågor inträda genom pupillen, gå igenom ögongloben och stöta mot näthinnan. Hela detta förlopp är lika så reelt och mekaniskt, som hafsvågornas slag mot stranden. Ether-rörelsen meddelas åt näthinnan, öfverföres derifrån medelst synnerven till hjernan och uppenbarar sig der för medvetandet såsom ljus.

På skärmen der framför Er kastas just nu en bild af de glödande kolspetsarne, som frambringa det elektriska ljuset; spetsarne föras först tillhopa och skiljas derefter. I sen först beröringspunkten lysa; derefter sträcker sig glöden nedåt utefter kolet till ett visst afstånd. Detta är, som I veten, en fortplantning af rörelsen medelst ledning. Nu afbrytes strömmen; ännu en kort tid fortfara spetsarne att glöda, derpå slocknar deras ljus. Men har väl deras utstrålning derför alldeles upphört? Nej, ännu fortfar till en tid en sådan, som visserligen icke förmår att märkbart inverka på synnerven, men väl på andra nerver i menniskokroppen. För forskaren, som betraktar dessa företeelser utan hänsyn till den omedelbara subjektiva förnimmelsen, äro dessa mörka strålar ett fenomen af alldeles samma art som de, hvilka åstadkomma intrycket af ljus. I måsten alltså föreställa Er den upphettade kroppens atomer såsom stadda i rörelse; I måsten föreställa Er denna rörelse meddelad åt den omgifvande ethern och fortplantad genom densamma med en hastighet, som vi hafva all anledning att anse lika. stor som ljusets. Då Ni en kall dag vänder Er mot eldbrasan och utsätter Edra frusna händer för dess behagliga inflytelse, beror det värme, Ni erfar, på dessa ethervågors slag mot Er hud; de sätta Edra nerver i rörelse, och förnimmelsen af denna är just, hvad vi i dagligt tal kalla värme. Vår uppgift under alla147

de återstående föreläsningarne blir just att undersöka värmet, fortplantadt på detta sätt genom ethern, med ett ord det s. k. strålande värmet,

För närmare undersökning af detsamma hafva vi att tillgå vår ovärderliga termo-elektriska stapel, hvars yta nu är öfverdragen med lampsot, som kraftigt absorberar strålarne. Håller jag stapeln framför min kind, upptager instrumentet den derifrån utgående värmestrålningen, och galvanometernålen går genast upp till 90°. Jag låter den återvända till nollpunkten och håller derefter ett stycke is framför stapeln; nålen går nu lika långt åt motsatta sidan. Det tyckes alltså, som om isen utstrålade köld; men i sjelfva verket är det naturligtvis från stapeln, som strålarne i detta fall komma, och den afkyles derigenom. Instrumentet duger med ett ord till undersökning ej blott af det värme, som meddelas genom direkt beröring, utan ock af det strålande. Låtom oss nu straxt använda det till en vig-tig uppgift, till att undersöka värmets fördelning i det elektriska spektrum!

Ett sådant uppkommer, om man låter en smal strimma elektriskt ljus framgå från springan o (bild 70) genom en dubbel-

Bild 70.

konvex lins och derefter genom ett prisma abc, som är sammansatt af plana glasskifvor och fyldt med kolsvafla. Denna vätska sprider nemligen färgerna bättre än glas. Den hvita strålen uppdelas nu i sina beståndsdelar: rödt, orange, gult, grönt, blått, indigo och violett. Jag skall nu föra en termo-elektrisk stapel af särskild konstruktion långsamt genom den ena färgen efter den andra, för att pröfva dess värmekraft, och vi iakttaga derunder galvanometernålens utslag.

Försöket utföres medelst en förträfflig apparat, som uppfunnits af Melloni och förfärdigats af Ruhmkorff. Den består af en polerad messingsskifva AB (bild 71) fästad på en lodrät

staf, hvilken man medelst vefven c kan röra i horizontel rigtning. Så noggrann är denna mekanism, att man, om så önskas, kan åstadkomma en förflyttning af mindre än en hundradels linie. I skifvans AB midt sen I en smal lodrät springa och derbakom något svart; det är den sotade ytan af en termo-elektrisk stapel P, hvars element äro ordnade i en enda rad, icke på det vanliga sättet i form af en qvadrat. Härigenom kan man undersöka en

noggrannt begränsad del af spektrum i sönder.

För ögonblicket faller spektrum visserligen på skifvan AB, men träffar ej stapeln. Jag vrider vefven, och springan närmar sig spektrums violetta ända; nu faller ljuset derpå, men galvanometernålen gör ingen märkbar rörelse. Äfven i indigo förblir nålen stilla, likaså i blått och grönt. Men nu faller den gula färgen på springan, och för första gången sen I kanhända en rörelse hos nålen; den är dock mycket obetydlig, oaktadt stapeln nu är utsatt för den ljusstarkaste delen af hela spektrum. Jag öfvergår nu till orange, der ljuset är svagare, men I sen, att detta oaktadt är värmet större, ty nålens utslag ökas. Och detta är ännu mycket mer händelsen i det röda fältet.

Kanske synes det Er också, vid anblicken af denna brännande röda färg, helt naturligt, att dess värme bör vara större än de öfrigas. Men om jag för stapeln ännu längre, således bortom spektrums röda ända, så går nålen med ens ända upp till 90°. Här hafva vi alltså ett värmespektrum, som vi ej kunna se, och hvars värmekraft är större än någon dels af det synliga. Det elektriska ljuset, med hvilket vi arbeta, innehåller alltså en mängd strålar, hvilka liksom de synliga brutits genom vår lins och vårt prisma, samt nu bilda en fortsättning af det lysande spektrum, men sakna förmågan att inverka på våra synnerver. Med solljuset är förhållandet detsamma; äfven det är rikt på dylika mörka eller s. k. "ultra-röda" värmestrålar, af hvilka många visserligen absorberas af vår atmosfer, men

Bild 71.149

åtskilliga också framkomma till oss. "VV. Herschel hafva vi att tacka för denna upptäckt.

Men icke nog härmed. Äfven på andra sidan om spektrum, bortom dess violetta ända, falla mörka strålar. Värmekraft ega de icke, men en annan förmåga; den nemligen att framkalla kemisk verksamhet. Men dem kunna vi göra synliga; \i kunna låta dessa s. k. "ultra-violetta" ethervågor falla på en annan kropp än skärmen, meddela sin rörelse åt denne och sålunda göra den nu mörka trakten bortom spektrums violetta ända tydligt lysande. Medlet dertill finnes här till hands; ena hälften af detta hvita pappersblad är fuktadt med en lösning af svafvelsyrad kinin, den andra lemnad i sitt vanliga skick; håller jag det så, att gränslinien mellan dessa hälfter är vågrät och delar spektrum längsefter i två lika delar, blir naturligtvis den del, som faller på den icke preparerade pappershalfvan, oförändrad och kan jemföras med den andra. Denna blir, som I sen, förlängd; ett praktfullt fluorescerande band, några tum långt, sträcker sig nu der, hvarest nyss var mörker. Borttages det preparerade papperet, försvinner ljuset; sättes det dit, kommer ljuset åter fram och visar Er således alldeles otvetydigt, att de synliga gränserna för det vanliga spektrum alldeles icke tillika äro gränser för strålningsverksamheten. Redan Young kände dessa ultra-violetta strålars tillvaro och anställde försök med dem; men det är Stokes, som lärt oss detta sätt att göra dem synliga.

Huru hafva vi då att tänka oss dessa strålar, osynliga såväl-som synliga, hvilka träffa skärmen mellan spektrums yttersta ändar? Hvilken är orsaken till denna skilnad mellan dem? Hvarför åtskilja sig de synliga genom olika färger? Och kunna vi i sjelfva ethervågorna finna någon fysikalisk orsak till alla dessa olikheter?

Till en början se vi, att hela den hvita ljusstrålen är böjd åt sidan eller bruten af prismat, men att den violetta färgen är mera afböjd än indigo, indigo mer än blått, blått mer än grönt, o. s. v. Färgerna äro olika "brytbara", och häraf beror möjligheten att skilja dem; mot hvarje särskild grad af brytbarhet svarar en viss färg, och ingen annan. Men hvarför skall ljus af en viss brytbarhet frambringa förnimmelsen af rödt, af en annan förnimmelsen af grönt? Denna fråga föranleder oss att noggrannare undersöka orsaken till dessa förnimmelser.

En jemförelse med ljud-företeelserna skall äfven här göra väsentligt gagn. Föreställen Er en harpsträng, som dallrar fram och tillbaka; den rör sig åt ett håll, sammanpressar dervid luftpartiklarne framför sig och åstadkommer dermed en150

förtätning af luften; den går tillbaka, dessa partiklar skiljas åter från hvarandra, och en lufffförtunning

uppkommer. Så fortgår det, och så formas den luft, genom hvilken strängens ljud framgår, till en regelbunden följd af förtätningar och för-tunningar, hvilka fortplanta sig genom atmosferen med en hastighet af omkring 1150 fot i sekunden.

Förtätningen och förtunningen bilda tillsammans hvad man kallar en ljudvåg. Men ju hastigare strängen dallrar, desto hastigare följa tvenne förtätningar hvarandra, och desto kortare blir afståndet mellan dem eller den s. k. våglängden. På olikheten i detta afseende beror tonens höjd. Om en violinspelare vill frambringa en högre ton, förkortar han den dallrande strängen genom att trycka ned den med fingret; derigenom ökas dess vibrationshastighet. Om den punkt, der han trycker, delar strängen midt itu, erhåller han oktaven till den ton, som hela strängen ger, om den får dallra fritt. Man använder gossar till korister för att frambringa höga toner, män för att frambringa bastoner; de förres röstorgan kunna nemligen vibrera hastigare än de sednares. En myggas surr är i samma mening högre än en stor skalbagges, emedan den mindre insekten kan i hvarje sekund sända ett större antal ljudvågor till vårt öra.

Härmed hafva vi banat väg för oss till en rätt uppfattning af den fysiska orsaken till färgen. Spektrum är för ögat detsamma som tonskalan för örat; dess särskilda färger motsvara toner af olika höjd. De dallringar, som frambringa förnimmelsen af rödt, äro de långsammaste, och de ethervågor, som af dem uppväckas, äro de längsta bland alla, som förmå inverka på våra synorgan; det violetta ljusets dallringar äro deremot de hastigaste, och dess våglängder följaktligen de minsta. Men de här ifrågakommande talstorheterna äro alldeles ojemförliga med de motsvarande i fråga om ljudet. Låtom oss göra en beräkning! Ljuset framilar genom rymden med en hastighet af 28,000 mil i sekunden; förvandla vi detta till tum, blir talet 10,080,000,000. Men nu har man funnit, att 40,000 af det röda ljusets våglängder utgöra en enda tum; genom att multiplicera detta tal med det antal tum, som rymmas i 28,000 mil, erhålla vi således det antal röda ljusvågor, som innehållas i samma sträcka; detta antal är 403,200,000,000,000. Ocli alla dessa vågor inträda i vårt öga under en enda sekund. Ännu större blir naturligtvis det motsvarande talet för de öfriga färgerna och naturligtvis störst för violett, nemligen nära två gånger det förra.

De ultra-röda strålarne hafva för stor våglängd — för låg tonhöjd, om man så vill — för att synas; de ultra-violetta tvärtom.151

Äfven i detta afseende råder en fullkomlig analogi mellan ljusets och ljudets företeelser. Om det ej innebure en motsägelse, skulle jag vilja säga, att det finnes musikaliska ljud, som äro för låga, och sådana, som äro för höga att höras. Eller för att uttrycka mig exakt: Luft vågor från vibrerande kroppar kunna framtränga till vårt öra, utan att likväl något ljud förnimmes, vare sig derför att dallringarne äro för långsamma, och således vågorna för långa, eller af motsatt skäl. Sannolikt kunna många insekter förnimma ljud, hvilka alldeles undgå oss, och tillochmed hvad menniskor beträffar, torde månget ljud förnimmas af den ena med genomträngande skärpa, utan att alls höras af en annan. Både i afseende på ljus och ljud omfatta våra sinnen blott ett visst begränsadt område, ehuru sjelfva de objektiva företeelser, som äro upphof till både det ena och det andra, existera på båda sidor derom.

Om jag nu hänger denna rödglödande kopparkula framför Er, och dess ljus småningom försvinner, kuuua vi alltså bilda oss ett fullkomligt klart begrepp om hvad som verkligen föregår. Kulans atomer dallra, men i ett medium, som gör motstånd och på hvilket deras rörelse öfverflyttas, för att fortplanta sig genom rymden med en utomordentlig hastighet. De dallringar, som frambringa ljus, mattas härigenom snart; kulan är nu mörk, men atomerna dallra fortfarande, och alltjemt upptages och bortföres denna rörelse åt alla håll genom ethern. Härigenom afkyles metallen allt mera, men ingen afkylning, som här åtminstone kan ifrågakomma, är tillräcklig att beröfva den allt dess värme. Ty alla kroppar utstråla sådant, hvilken deras temperatur än må vara. Från hvarje persons kropp härinne i rummet utgå ethervågor, af hvilka somliga träffa kulan och till en del ersätta dess ständigt fortgående förlust. Blott till en del, säger jag, ty den lefvande kraft, som kulan utifrån mottager, är, på grund af dess öfverlägsna temperatur, mindre än den, som den lemnar ifrån sig. Sålänge detta tillstånd fortvarar, afsvalnar metallen oupphörligt, och den kommer att fortsätta dermed, ända tills inkomster och utgifter gå jemnt ihop.

Står Ni framför en kropp af samma temperatur som Er-egen, märker Ni intet mottagande af värme, men likväl

försiggår ett utbyte af värmestrålar. Hvarje atom af Er kropps yta utsänder sådana, hvilka möta dem, som röra sig i motsatt rigtning ; hvarje våg går sin bana rätt fram och bibehåller sin individualitet midt i trängseln af de öfriga. När summan af den mottagna rörelsen är större än summan af den afgifna, inträffar uppvärmning; i motsatt fall afkylning. Detta är Prevosts teori om värme-utbytet, uttryckt på undulationsteoriens språk.152

Låtom oss nu experimentel undersöka likheten mellan ljus och strålande värme i afseende på reflexionen. I märkten, att då jag nyss höll den termo-elektriska stapeln mot min kind, värden försedd med en öppen tratt af metallbleck, som ej hade användts i våra förra försök. Denna tratts insida är försilfrad, och dess ändamål är att förstärka verkan af svaga strålar genom att samla dem tillhopa på stapelns yta. Detta sker medelst reflexion; många strålar, som skulle hafva gått alldeles förbi stapeln, om denna trattformiga reflektor ej funnits, träffa nu dess försilfrade yta och återkastas derifrån mot instrumentet. Verkan häraf kan lätt uppvisas. Jag ställer stapeln utan reflektor på ena bordsändan och fyra till fem fot derifrån en varm, men ej glödande koppar kula; man märker då knappast någon rörelse hos galvanometernålen. Utan att förändra någonting, sätter jag reflektorn på stapeln — och nålen går genast upp

till 90°.

Lagen för denna reflexion är alldeles densamma som för ljusets. Vi skola sysselsätta oss dermed några ögonblick. Sen clenna skenbart fasta, cylindriska ljusstråle, som utgår vågrätt från den elektriska lampan och tecknar sin väg så tydligt på dammet i det mörka rummet! Låta vi den falla på en plan spegel, återkastas den och träffar nu taket. Den vågräta strålen är här den anfallande, den lodräta är den reflekterade, och lagen för ljuset är, som I torden veta, att anfallsvinkeln är lika med reflexionsvinkeln. För tillfället äro de båda strålarne vinkelräta mot hvarandra, och vi kunna då vara vissa, att hvardera bildar en vinkel af 15° med normalen till spegelytan, d. v. s. en deremot vinkelrät linie.

Jag ställer nu den elektriska lampan E (bild 72) vid detta hörn af bordet och bakom detsamma spegeln L; på bordsytan är uppritad en stor cirkelbåge ah. Vid spegeln är den långa stafven mn fästad, hvilken tjenar på en gang som normal till densamma och som handtag för att vrida den. De rätt framför sittande kunna se, att stafven och dess bild i spegeln ligga i fullkomligt rät linie — ett bevis på, att den torre ar riktigt vinkelrät mot spegelytan. Till höger och

Bild 72.153

venster om mn är cirkelbågen delad i 10 lika delar; nollpunkten ligger vid E, 20-punkten i motsatta ändan. Jag vrider nu spegeln medelst stafven så, att den sednare sammanfaller med den från lampan utgående strålen; denna blir alltså vinkelrät mot spegeln och återkastas, som I sen, i samma linie. Jag vrider derpå stafven till 1; den återkastade strålen går fram öfver bordet och träffar 2. Ställer jag stafven på 2, 3, 5, 10, kommer strålen i motsvarande fall på 4, 6, 10, 20. Den anfallande strålen ligger lika långt till venster om mn, som den reflekterade till höger; anfalls vinkeln är lika med reflexionsvinkeln. Vi hafva också härmed bevisat, att strålen rör sig dubbelt så fort som normalen; den förres vinkelhastighet är, som man säger, dubbelt så stor som spegelns.

Ni har nyss sett (sid. 148), att kolspetsarne, som af den elektriska strömmen försättas i glödning, utsända jemte de lysande en mängd mörka värmestrålar. Vi skola nu öfvertyga oss om, att dessa reflekteras efter alldeles samma lag som de förra. Här är ett stycke svart glas, så ogenomskinligt, att tillochmed om man ser derigenom mot det elektriska ljuset eller mot middagssolen, man icke varseblifver någonting. I sen, att den elektriska lampans ljus försvinner, när glaset sättes derframför; det afskär hvarje ljusstråle. Men så sällsamt det än kan tyckas, genomsläpper det likväl i någon mån de mörka strålarne. Jag släcker nu lampan genom att afbryta strömmen och lägger min termo-elektriska stapel på bordet just vid 20, der ljusstrålen gick fram för ett ögonblick sedan; stapeln är förbunden med en galvanometer, hvars nål visar på 0°.' Då lampan åter tändes, kommer intet ljus fram, men galvanometernålen har allaredan gått upp till 90° på grund af de mörka strålarnes verkan på stapeln. Flyttas denna åt höger eller åt venster, går nålen genast tillbaka; värmestrålariie följa samma väg som ljusstrålarne, och äfven för dem är således anfallsvinkeln lika med reflexionsvinkeln. Genom att upprepa de försök, som nyss verkställdes med ljuset, genom att inställa stafven på 1, 2, 3, o. s. v. bevisas det, att äfven för

värmet är den reflekterade strålens vinkelhastighet dubbelt så stor som spegelns.

Värmet från en eld följer samma lag. Denna tennplåt är en ganska klen reflektor, men likväl tillräcklig för ändamålet; den står vid ena ändan af bordet, och den termo-elektriska stapeln vid den andra; galvanometernålen visar på 0°. Jag-vrider nu tennplåten så, att det värme, som faller derpå från elden, återkastas mot stapeln; såsnart det träffar instrumentet, tillkännager nålen dess ankomst. Gifven I nu akt på eldens,154

plåtens och stapelns inbördes ställning, så finnen I lagen om anfalls- och reflexions-vinkeln bekräftad.

I dessa försök är emedlertid värmet — eller har åtminstone varit — förenadt med ljus. Men det kan lätt visas, att lagen gäller äfven för strålar, som utgå från en alldeles mörk källa. Här är en kopparkula C (bild 73), som upphettats till

Bild 73.

mörk rödglödning; jag doppar den ett ögonblick i vatten, hvarigenom dess ljus fullständigt utsläckes, men ännu är den varm, ännu utsänder den strålar. Jag lägger den på denna ljusstake och ställer derbredvid stapeln P, som bortvänder sin trattformiga reflektor från C, så att ingen direkt stråle från denna sistnämnda kan träffa instrumentets yta. Nålen står följaktligen på noll. Men inställer jag nu min tennskärm MN så, att en från kulan och dit dragen linie bildar samma vinkel mot skärmens normal, som en linie från stapeln, hvilken sammanfaller med reflektorns axel, så återstudsa kulans strålar mot skärmen, träffa stapeln och sätta galvanometernålen ögonblickligt i rörelse.

Liksom Ijusstrålarne, framgå äfven värmestrålarne från vår kula såsom räta linier genom rymden och försvagas dervid efter samma lag som de förra. Ligger kulan nära intill stapeln, sänder den nålen upp till 90°; befinner den sig på 4—5 fots afstånd derifrån, frambringar den knappast någon verkan alls; dess strålar förspridas nemligen åt alla håll, och endast få af155

dem uppnå målet. Men jag insätter nu mellan kulan och stapeln ett tennrör AB (bild 74), fyra fot långt och poleradt på

Bild 74.

insidan. Yärmestrålarne träffa denna blanka yta i sned rigtning, återkastas från den ena sidan af röret till den andra och komma sålunda fram till stapeln, såsom nålens hastiga utslag genast angifver.

Så mycket om reflexionen från plana ytor; låtom oss nu öfvergå till de bugtiga! Denna konkava spegel MN (bild 75)

M

Bild 75.

är af koppar, men försilfrad på insidan. Lägges den varma kopparkulan B på halfannan fots afstånd från stapeln, hvars reflektor nu är aftagen, frambringa strålarne utan spegelns tillhjelp knappt den ringaste verkan, men ställes denne der-bakom, samlas de och återsändas parallela; ehuru man ej kan156

se dem, röjer dock galvanometern deras tillvaro, i det dess nål genast går upp till 90°.

Ännu bättre verkan frambringar ett par dylika speglar af hvilka den ena ligger här på bordet; dess bugtighet är så afpassad, att om ett ljus hälles i dess brännpunkt, återkastas strålar derifrån uppåt parallela. Vi skola öfvertyga oss derom sålunda: i brännpunkten håller jag våra elektriska kolspetsar tillsammans och skiljer dem derefter helt litet från hvarandra; det elektriska ljuset blixtrar genast fram emellan dem, reflekteras mot spegeln och uppstiger som en lodrät lysande cylinder genom det i luften sväfvande dammet. Skulle vi omvända försöket och i stället låta ett knippe parallela strålar falla på spegeln, skulle de samla sig i dess brännpunkt. För att visa detta taga vi till hjelp det andra exemplaret, som hänger der uppe i taket på 20—25 fots afstånd; den lodrätt uppstigande strål-cylindern mottages deraf och förenar sig i dess brännpunkt. Just der är ett litet stycke oljadt papper upphängdt, och I sen, huru ytterst starkt det belyses — ingalunda af de direkta strålarne härnedifrån, utan af de från den öfre

spegeln återkastade.

Många bland Er hafva sannolikt haft tillfälle att iakttaga den märkvärdiga inverkan, som ljuset utöfvar på en blandning af chlor och vätgas; jag skall nu visa Er denna verkan på ett nytt sätt. Denna genomskinliga ballong af collodium är fylld med den nyssnämnda gasblandningen; jag släpper ned den öfre spegeln, upphänger ballongen vid en der anbragt krok, så att den befinner sig just i brännpunkten, och hissar derefter åter upp alltsammans till taket (bild 76). Föras nu kolspetsarne tillsammans i den nedre spegelns brännpunkt, så exploderar gas-blandningen i samma ögonblick de skiljas åt. Märken väl, att detta var en verkan af ljuset; I veten, att collodium är ett brännbart ämne, och kunden på grund deraf förmoda, att det var kolspetsarnes värme, som antände det, samt att det derefter meddelade sin förbränning åt gaserna. Men här nedfalla just bitarne af ballongen på bordet och visa oss, att ljusstrålarne gått oskadliga genom collodiumhinnan och derefter förorsakat gasernas explosion, hvarvid den genom föreningen frambragta chlorvätesyran skyddade ballongens lätt antändbara omhölje från förbränning.

I den öfre spegelns brännpunkt hänger nu en ny ballong, innehållande en blandning af syrgas och vätgas, på hvilken ljuset ensamt ej utöfvar någon märkbar verkan; i den nedres befinner sig en rödglödande kopparkula. Värmestrålarne återkastas och förena sig på samma sätt som ljusstrålarne i det förra157

försöket, men de inverka nu på omhöljet, hvilket derföre också med afsigt blifvit svärtadt för att lättare upptaga dem. Explosionen låter derför också vänta på sig något längre än nyss — men nu inträffade den, och I sen intet spår af ballongen; det brännbara ämnet har helt och hållet förtärts.

Låtom oss ännu en gång nedsläppa den öfre spegeln för att i dess brännpunkt hänga en flaska med varmt vatten; i den nedres håller jag den termo-elektriska stapeln. Iiigtas dess yta uppåt och utsättes för den direkta utstrålningen från den varma flaskan, märkes intet utslag i galvanometern; rigtas den nedåt, så måste, ifall värme och ljus förhålla sig lika, de strålar från flaskan, som träffa den nedre spegeln, samla sig i dess brännpunkt och sätta nålen i rörelse. Så sker ock genast, som I sen, och naturligtvis rör sig nålens röda ända i rigtning mot Er.

Jag utbyter nu den varma flaskan mot en annan, som innehåller en köldblandning, och håller stapeln på samma ställe som nyss. Vändes dess yta uppåt, förblir galvanometernålen orörlig; vän-

Bild 52.158

des den nedåt, gör nålen häftigt utslag, och dess röda ända går nu mot mig.

Tyckes det Er ej således, som om denna i den öfre spegelns brännpunkt befintliga kropp utsände Æötø-strålar, hvilka återkastades af den nedre likasom värmestrålarne i vårt förra försök? Båda förloppen motsvara ju fullkomligt hvarandra, och det kunde derföre väl synas, som vore vi lika berättigade att af det sednare sluta till köldstrålars, som af det förra till värmestrålars tillvaro. Men de fleste bland Er hafva tvifvelsutan redan insett det verkliga sakförhållandet. Stapeln är en varm kropp, men i det förra försöket mottog den från den varma flaskan deruppe vida mera värme, än den sjelf utstrålade. Nu förhåller det sig tvärtom; den värmemängd, som stapeln afgifver, är betydligt mindre än den, som den mottager — utgifterna öfverstiga inkomsterna — dess temperatur faller alltså, och galvanometernålen går derföre upp på köldsidan.

KAP. IX.

Lagen för ljusets ccli värmets aftagande vid ökadt afstånd. — Ljudvågorna äro longitudinela, ljusvågorna transversela. — Olika kroppars atomer meddela under sin vibration olika rörelsebelopp åt ethern. — Utstrålning och absorption; sambandet mellan båda. — Kropparnes atomer förstöra vissa slags etliervågor och genom släppa andra. — Genomskinlighet och diatermansi. — Diateriuana kroppar utstråla föga. — Förändring af det strålande värmets qvalitet. — Yärmestrålar, som genomgå en kropp utan att absorberas. upphetta den icke. — Procenthalt af lysande och mörka strålar i åtskilliga värmekällor.

Det strålande värmets styrka aftager, då afståndet från källan ökas, efter samma lag som ljusstyrkan. Hvilken är denna lag?

Detta qvadratformade pappersblads sida är två fot lång; jag viker det fyrdubbelt, så att hvarje sida af den sålunda bildade mindre qvadraten blir blott en fot. Midt i rummet står en lampa, hvars ljus sprides lika åt alla håll; på sexton fots afstånd derifrån står denna hvita skärm. Jag håller den lilla pappersqvadraten midt emellan båda, d. v. s. på åtta fots afstånd från lampan, och låter den kasta sin skugga på skärmen. 158

des den nedåt, gör nålen häftigt utslag, och dess röda ända går nu mot mig.

Tyckes det Er ej således, som om denna i den öfre spegelns brännpunkt befintliga kropp utsände Æötø-strålar, hvilka återkastades af den nedre likasom värmestrålarne i vårt förra försök? Båda förloppen motsvara ju fullkomligt hvarandra, och det kunde derföre väl synas, som vore vi lika berättigade att af det sednare sluta till köldstrålars, som af det förra till värmestrålars tillvaro. Men de fleste bland Er hafva tvifvelsutan redan insett det verkliga sakförhållandet. Stapeln är en varm kropp, men i det förra försöket mottog den från den varma flaskan deruppe vida mera värme, än den sjelf utstrålade. Nu förhåller det sig tvärtom; den värmemängd, som stapeln afgifver, är betydligt mindre än den, som den mottager — utgifterna öfverstiga inkomsterna — dess temperatur faller alltså, och galvanometernålen går derföre upp på köldsidan.

KAP. IX.

Lagen för ljusets ccli värmets aftagande vid ökadt afstånd. — Ljudvågorna äro longitudinela, ljusvågorna transversela. — Olika kroppars atomer meddela under sin vibration olika rörelsebelopp åt ethern. — Utstrålning och absorption; sambandet mellan båda. — Kropparnes atomer förstöra vissa slags etliervågor och genom släppa andra. — Genomskinlighet och diatermansi. — Diateriuana kroppar utstråla föga. — Förändring af det strålande värmets qvalitet. — Yärmestrålar, som genomgå en kropp utan att absorberas. upphetta den icke. — Procenthalt af lysande och mörka strålar i åtskilliga värmekällor.

Det strålande värmets styrka aftager, då afståndet från källan ökas, efter samma lag som ljusstyrkan. Hvilken är denna lag?

Detta qvadratformade pappersblads sida är två fot lång; jag viker det fyrdubbelt, så att hvarje sida af den sålunda bildade mindre qvadraten blir blott en fot. Midt i rummet står en lampa, hvars ljus sprides lika åt alla håll; på sexton fots afstånd derifrån står denna hvita skärm. Jag håller den lilla pappersqvadraten midt emellan båda, d. v. s. på åtta fots afstånd från lampan, och låter den kasta sin skugga på skärmen.159

Denna skugga bildar också en qvadrat, hvars area är fyra gånger så stor som den mindres; man kan jemnt täcka denna yta med hela papperet, om det utvecklas.

Den ljusmängd, som föll på papperet, när det hölls midt-emellan lampan och skärmen, utbreder sig alltså, om det får träffa den sednare, öfver en fyra gånger så stor yta. Men deraf följer ock, att ljusstyrkan i hvarje särskild punkt måste i samma mån försvagas; då afståndet fördubblas, blir ljusstyrkan således blott en fjerdedel af hvad den var förut. Och på alldeles samma sätt kunna vi bevisa, att på ett 3, 4, 5 gånger större afstånd blir ljusstyrkan 9, 16, 25 gånger mindre; att i allmänhet den sednare är, som man säger, omvändt proportionel mot qvadraten på det förra.

Jag har sagt, att det strålande värmet skall följa samma lag, och vill nu bevisa detta genom ett försök, som vid första påseendet kan tyckas bevisa raka motsatsen. Här är ett temligen stort, men platt kärl af tenn MN (bild 77), fyldt med hett vatten, och svärtadt på sin ena sida med lampsot, som ökar dess utstrålningsförmåga. På den termo-elektri-ska stapeln P sätter jag den trattformiga reflektorn, men beröfvar den först dess speglande förmåga genom att insätta deri ett fodral af svart papper, som ej återkastar en enda stråle. Stapeln står nu helt nära intill det varma kärlet, och dess tillhörande galvanometernål visar på 60°.

Hvilken blir väl nu följden, om jag småningom aflägsnar stapeln från värmekällan? I vänten kanhända, att på grund af värmets aftagande vid afståndets förökning skall galvanometer-nålens utslag alltjemt minskas. Men intet dylikt inträffar; stapelns ursprungliga afstånd från kärlet har nu fördubblats, och likväl visar nålen alltfortfarande på 60°. Gör jag det 3, 4, 5 gånger större, inträder ingen förändring.

Bild 77.160

Medelst detta försök, som tyckes innebära en verklig vederläggning af den ofvan uppställda satsen, bevisade Melloni just densammas giltighet. Hans slutledning var följande. Tänkom oss tratten förlängd, så att den skär kärlets utstrålande sida i en cirkel; det är endast från denna cirkels inneslutna yta, som värmestrålar kunna framkomma till stapeln, ty alla andra afskäras af det icke reflekterande öfverdraget på trattens insida. Men när stapelns afstånd från kärlet fördubblas, blir denna cirkels area uppenbarligen fyrdubblad; och just den omständigheten, att galvanometernålens utslag det oaktadt ej förändras, bevisar det, som här skall bevisas, nemligen att strålningens styrka blir på dubbla afståndet fyra gånger mindre än förut; dess aftagande neutraliserar jemnt upp den strålande ytans förstoring. Samma är förbållandet, om nämnda afstånd tre-, fyra- eller fem-dubblas — förutsatt naturligtvis, att den nämnda cirkeln ändock ej öfverskrider gränsen af kärlets strålande yta.

Man säger, att ljuset förtunnas eller utspädes vid sin utbredning öfver en större yta, men detta är emedlertid ett nog obestämdt uttryck för det verkliga förhållandet. Det är naturligtvis här endast fråga om en förminskning af rörelse. Hvarje etherpartikel utför, då en våg genomgår den, en rörelse fram och tillbaka; vid de båda gränserna för sin utflykt står den stilla, i midtpunkten mellan dem är dess hastighet som störst. Och ljusslyrkan är i sjelfva verket proportionel mot qvadraten på denna maximi-liastighet. Storleken af etherpartikelns utslag, dess afvikelse från nyssnämnda midtpuukt kallas på vetenskapens språk dess amplitud; och ljusstyrkan är äfven proportionel mot qvadraten på denna. Af det föregående inses då, att såväl denna maximi-hastighet, som amplituden måste vara omvändt proportionela mot sjelfva afståndet från strålarnes källa, och denna sistnämnda sats kan ock af mekaniken direkt bevisas.

Värmestrålningens upphof är, som vi veta, en dallrande rörelse hos den strålande kroppens atomer; denna rörelse upptages af ethern och fortplantas derigenom i form af vågor. Vi hafva jemfört förloppet med ljudet, men en olikhet mellan de båda vågrörelsernas art må här dock i förbigående omnämnas. Den luftpartikel, genom hvilken en ljudvåg framgår, rör sig fram och åter i samma rigtning som den, hvari ljudet fortplantas; etherpartikeln måste deremot, enligt hvad åtskilliga optiska fenomen gifva vid handen, antagas röra sig vinkelrätt mot strålens rigtning. De förra vibrationerna äro, säger man, "longitudinela", de sednare "transversela"; ethervågorna likna således på visst sätt mera vattnets krusning än de luftens pulsslag, som frambringa ljudet, Men huru ifrågavarande vågrörelse161

än må vara beskaffad, uppenbart är i hvarje fall, att den måste vara beroende af sjelfva de dallrande atomernas art; den ena atomen kan vara trögare i sin rörelse än en annan, och man kan ej vänta, att en ensam skall kunna åstadkomma så stor rubbning af den omgifvande ethern, som en hel grupp af dylika, hvilka äro förenade till ett system; vi hafva med ett ord all anledning att vänta, det olika kroppar skola, äfven om de befinna sig vid samma temperatur, inverka i mycket olika grad på ethern, d. v. s. utstråla olika mycket.

Denna förmodan bekräftas mycket lätt genom försök. Här är ett tärningformadt kärl C (bild 78), vanligen benämndt "Leslies kub" efter den framstående forskare, som först använde det vid sina undersökningar öfver strålande värme; det är af tenn, men en dess sida är öfverdragen med ett tunnt lager af guld, en annan med silfver, en tredje med koppar, och den fjerde med en fernissa af husbloss. Vi fylla kuben med hett vatten och vända den ena af dess sidor efter den andra mot stapeln, utan att det ringaste förändra afståndet mellan instrumenten. Ingendera af de tre första sidorna åstadkommer dervid mer än, på sin höjd, ett ytterst ringa utslag af galvanometernålen, som deremot genast går upp till 90°, såsnart stapeln utsättes för inverkan af den fjerde sidan. Visst är således, att fernissans moleküler, försatta i dallring af vattnets värme, meddela ojemförligt mera rörelse åt ethern, än hvad metallernas atomer förmå; att den förra alltså är en bättre utstrålare än de sednare. Samma resultat erhålles, om man jemför en thékanna af silfver med en af stengods, om båda äro fyllda med kokhett vatten, eller en blank tennbägare med en af glas; i hvardera fallet visar sig metallkärlet utstråla vida mindre än det andra.

Säkert hafven I ofta hört talas om det inflytande, som färgen skulle utöfva på strålningsförmågan, och dervid troligen fått veta åtskilligt, som alls icke bekräftas af erfarenheten. En

Tyndall, Värmet. H

Bild 78.162

sida af denna andra kub är öfverdragen med hvit färg, en annan med karmin, en tredje med lampsot, och den fjerde är obetäckt; jag vänder först den svarta sidan åt stapeln, och galvanometernålen inställer sig dervid på 65°. Kuben kan vridas kring en lodrät axel, och utan att förändra dess afstånd från stapeln, vänder jag nu dess hvita sida mot denna sistnämnda — men nålen pekar oföränderligen på samma gradtal, dermed bevisande, att den hvita ytan utstrålar lika bra som den svarta. Lika litet uppkommer någon förändring, då den röda sidan vändes mot stapeln; först då metallytan vändes ditåt, faller nålen genast och bevisar dermed dess underlägsenhet i strålningsförmåga. Yi kunde göra samma försök med en annan kub, af hvars fyra sidor tre äro täckta med sammet af tre dylika färger, och skulle dervid erhålla alldeles samma resultat. Värme-utstrålningen från våra kläder är alltså oberoende af deras färg; samma är förhållandet med utstrålningen från ett djurs pels. Detta iakttogs redan af Melloni med afseende på de mörka värmestrålarne; vi skola framdeles drifva undersökningen af frågan längre.

En naturlig följd af den här ofvan omtalade olikheten är, att en kropp, hvars yta är bättre utstrålare, måste hastigare afkylas. Här äro två kuber, den ena blank, den andra öfverdragen med lampsot; båda fylldes för tre qvarts timme sedan med kokande vatten, och en termometer nedsattes i hvardera. Den i det sednare kärlet visar nu två grader lägre temperatur, än den i det förra. Här äro två andra kärl, det ena blankt, det andra tätt betäckt med flanell, hvilka behandlats på samma sätt — och mecl alldeles samma resultat. Ej sällan söker man hålla en thékanna varm genom ett öfverdrag af ylle; det är emedlertid af det anförda klart, att detta måste vara mycket löst påsatt. Sitter det tätt på, upptager det genom omedelbar beröring thékannans värme, utstrålar det lätt och gör sålunda mera skada än gagn.

Jag öfvergår nu till ett högst märkligt förhållande, som står i nära sammanhang med det anförda. I samma mån en kropp har lätt för att meddela sin molekular-rörelse åt den omgifvande ethern, d. v. s. att utstråla, i samma mån har den ock lätt att mottaga sådan rörelse utifrån, lätt för att upptaga eller absorbera strålar. Vi hafva redan jemfört lampsot och hvit färg med metalliska ytor i det förstnämnda afseendet; vi skola nu jemföra deras absorptionsförmåga. Den ena OP (bild 79) af dessa båda tennplåtar är öfverdragen med hvit färg, den andra MN obetäckt ; de äro inbördes förenade medelst en koppartråd ah, och på hvarderas baksida är fastlödd en liten vis-mutstång c. Från dessa sistnämnda gå trådar till en galvanometer163

Bild 79.

vid Gr. Hvardera plåten med sin vismutstång bildar ett termo-elektriskt element; lägger jag blott mitt finger på den med MN förenade stången, så uppkommer genast, genom inflytandet af dess värme, en elektrisk ström i rigtning från vismuten till tennet (sid. 13), derifrån genom ab, plåten OP ocb galvanometern tillbaka igen till utgångspunkten. Galvanometernålen gör också genast ett stort utslag; dess röda ända rör sig mot Er. Lägger jag deremot fingret på den andra plåtens vismutstång, uppkommer en ström af motsatt rigtning, och den röda nålspetsen rör sig från Er.

Jag låter den nu återvända till nollpunkten och ställer derefter alldeles midtemellan de båda plåtarne en het kopparkula. Dess strålar fördela sig lika på begge två, men till höger träffa de en betäckt, till venster en blank metallyta. Absorberade båda lika mycket, skulle båda lödningsställena också upphettas lika, samt följaktligen neutralisera hvarandra. Men knappast har kulan börjat utsända sina strålar, förrän galvanometernålen sätter sig i rörelse och angifver med sitt utslag, att den öfverdragna ytan mottagit etherrörelsen vida lättare än den andra.

En jemförelse mellan lampsot eller fernissa å ena sidan, och en metallisk yta å den andra skulle, på samma sätt anställd,

11*164

fälla utslag till förmån för de förstnämnda i afseende på absorptionsförmåga.

Det tunnaste metalliska öfverdrag bildar derföre också ett mäktigt skydd mot strålande värme. Baksidan af detta

s. k. guldpapper — hvars "guld" i sjelfva verket ej är annat än

koppar _ är öfverdragen med röd qvicksilfverjodid. Dennas

färg förstöres, som I måhända veten, af hetta ocb öfvergår då till blekgult. Jag lägger pappersbladet på bordet med siu metalliska yta uppåt, och fäster på denna några utklippta papperslappar, som bilda ett slags mönster. Derefter för jag en rödglödande metallspade flere gånger öfver papperets yta; den utstrålar starkt, men dess strålar absorberas mycket olika. Den förgyllda ytan upptager obetydligt, pappersytorna ojemförligt mera, och vid bladets ömvändning visar det sig ock, att mönstret aftecknat sig på dess undersida, i det jotliden under den metalliska delen bibehållit sig oförändrad, under den andra deremot gulnat. Ett annat exempel i samma väg har meddelats mig af Mr Hills. En eld har sändt sina strålar mot detta målade

trädstycke (bild 80), hvarpå talet 338 var afbildadt medelst guldblad; rundtomkring har färgen blifvit uppdragen i blåsor och förstörd af hettan, men under ziffrorna bibehållits alldeles oskadad.

Den ljusbärande ethern uppfyller bela rymden; den gör universum till ett helt och förmedlar öfverförningen af ljus och energi från den ena verldskroppen till den andra. Men denna oändligt fina substans intränger ännu djupare; den omgifver också de särskilda atomerna af hvarje fast eller flytande kropp. Att en sådan är genomskinlig, beror deraf, att dess atomer äro på det sätt förbundna med den omgifvande ethern, att ljusvågorna kunna genomgå den sistnämnda utan att meddela sin rörelse åt de förra. I färgade kroppar absorberas deremot vissa vågor; endast de, hvilka gifva kroppen dess färg, gå utan förlust fram genom den. En lösning af kopparvitriol t. ex. upptager de röda vågorna, men genomsläpper de blå. På vår skärm faller just nu ett klart lysande spektrum; låter jag ljusstrålen fore inträdet i prismat genomgå en lösning af det nämnda saltet, försvinner spektrums röda del. Deremot beror ett rödt glas' färg derpå, att det röda ljusets långa vågor framsläppas obehindrade

Bild 80.165

derigenom, under det de kortare absorberas; hålles det på samma sätt i strålens väg, lemnar det endast ett klart rödt band qvar på skärmen. Men eftersom den blå vätskan absorberar just samma vågor, som det röda glaset framsläpper, så måste man genom föreningen af båda kunna åstadkomma fullständigt mörker. Så sker äfven; hållas båda i strålens väg, så försvinner hela spektrum så fullständigt, som hade man afstängt ljuset med en tjock metallplåt.

En lösning af öfvermangansyradt kali framsläpper deremot båda ändarne af spektrum; vi se på skärmen den röda och den blå färgen, men deremellan en alldeles mörk sträcka; det gula ljuset förstöres i grund, dess vågor kunna ej framtränga genom den praktfullt färgade vätskan. Jag kastar nu medelst den elektriska lampan en rund hvit ljusbild af fullt en alns diameter på skärmen och insätter derefter saltlösningen i strålens väg; kan man väl se något vackrare än denna färgade skifva? Nu insätter jag prismat på sitt ställe; den violetta beståndsdelen skiljes från den röda, och I sen tvenne tydligt begränsade skifvor, en af hvardera färgen. Endast till en del falla de i midten öfver hvarandra, och der framträder åter lösningens sammansatta färg.

I afseende på ljusvågorna utöfva alltså kroppar en slags utväljande eller elektiv kraft; de "utsålla" vissa arter, hvilka de genomsläppa, och förstöra de andra. Genomskinlighet för vågor af en viss längd medför alldeles icke samma egenskap för vågor af en annan, och vi kunna på grund häraf också med skäl vänta, att genomskinlighet för ljus icke skall med nödvändighet medföra motsvarande egenskap för strålande värme. Erfarenheten bekräftar ock denna förmodan. Här är en tennskärm MN (bild 81) med en rund öppning i midten, bakom hvilken finnes en liten hylla S; jag sätter en dunkelt rödglödande kopparkula B på en lämplig fot på ena sidan derom; stapeln P befinner sig på den andra. Strålarne från kulan genomgå öppningen och sätta galvanometernålen i rörelse, tills den slutligen stadnar på 80°. Jag sätter nu ett platt glaskärl, af 1 tums vidd och fyldt med destilleradt vatten, på hyllan S, så att strålarne måste, för att framkomma till stapeln, genomgå vätskan; och hvad inträffar? Nålen sjunker genast till nära nollpunkten; knappt en enda stråle från kulan kan genomtränga vattnet, så genomskinligt det än är för ljuset. Innan vattenkärlet borttages, ställer jag derbakom ett dylikt kärl, innehållande kolsvafla, så att

detta stänger öppningen, då det förra aflägsnas. Och nu blir följden en helt annan; nålen sätter sig genast i rörelse uppåt och visar, att samma strålar, som omöjligen kunde slippaBild 81.

fram genom vattnet, framtränga med lätthet genom kolsvaflan. Jemför man på samma sätt alkohol med svafvelchlorid, finner man den förra vätskan vara ogenomtränglig för den varma kulans strålar, under det den sednare genomsläpper dem.

Så förhåller det sig ock med fasta kroppar. En skifva af mycket klart glas står nu på hyllan mellan stapeln och en med varmt vatten fylld kub. Ingen rörelse af nålen är märkbar. Jag utbyter glaset mot en skifva af bergsalt, hvars tjocklek är nära tio gånger så stor — och nu rör sig nålen, så långt den kan.

För vår kunskap om dessa förhållanden och oräkneliga andra af samma slag hafva vi att tacka Melloni, som med skäl kan sägas hafva skapat hela denna gren af vetenskapen; efter lians föredöme benämna vi denna förmåga hos vissa kroppar att genomsläppa strålande värme diatermansi *), och frånvaron af densamma atermansi. Innan jag redogör för mina egna undersökningar i denna väg, vill jag meddela ett utdrag ur den berömde italienske forskarens resultat. Vid sina undersökningar använde han fyra olika värmekällor: lågan från en Locatellis lampa (d. v. s. utan glas och med enkelt luftdrag); en spiral af platinatråd, glödgad af en spritlampas låga; en kopparskifva af 400, och en annan dylik af 100 graders temperatur; den sistnämnda utgjorde ytan af en kopparkub, som innehöll kokande

*) Ordet kunde på svenska återgifvas med vgenomvärmighet" i analogi med "genoms kMighet'-. Ö. A.167

vatten. Försöken verkställdes sålunda; man uppmätte först källans hela utstrålning, d. v. s. det utslag af galvanometernålen, som den åstadkom, när ingenting annat än luft fanns mellan den och stapeln. Derpå infördes deremellan den kropp, hvars diatermansi skulle pröfvas, och det dervid erhållna utslaget observerades; detta angaf naturligtvis den värmemängd, som genomgått kroppen. Beteckna vi nu hela strålningens belopp med 100, så angifvas i följande tabell de värmebelopp, hvilka en 2,6 millimeter tjock skifva af hvarje bland de uppgifna ämnena i olika fall genomsläppt.

	Värmekälla			
Ämne	Locatellis lampa	Glödande Platina	Koppar vid 400°	Koppar vid 100°
1. Bergsalt	92,3	92,3	92,3	92,3
2. Sicilianskt svafvel	74	77	60	54
3. Flusspat	72	69	42	33
4. Beryll	54	23	13	0
5. Islaiidsspat	39	28	6	0
6. Glas	39	24	6	0
7. Bergkristall	38	28	6	3
8. Eöktopas	37	28	6	3
9. Chromsyradt kali	34	28	15	0
10. Hvit topas	33	24	4	0
11. Kolsyrad blyosid	32	23	4	0
12. Svafvelsyrad barvt	24	18	3	0
13. Fältspat ...."	23	19	6	0
14. Am et ny st (violett)	21	9	2	0

15. Artificiel bernsten ... 21 .... 5 .... 0 0

16. Borsyradt natron .... 18 .... 12 .... 8 0

17. Turmalin (mörkgrön). . 18 .... 16 .... 3 0

18. Gummi (vanligt) .... 18 .... 3 .... 0 0

19. Selenit..........14 .... 5 .... 0 0

20. Citronsyra .".......11 .... 2 .... 0 0

21. Vinsyradt kali......11 .... 3 .... 0 0

22. Naturlig bernsten.... 11 .... 5 .... 0 0

23. Alun........... 9 .... 2 .... 0 0

24. Kandisocker....... 8 .... 1 .... 0 0

25. Is............. 6 .... 0,5 ... . 0 0

Denna tabell visar till en början, i hvilken olika grad olika kroppar genomsläppa värme. Den visar för det andra, att med ett enda undantag samtliga de anförda ämnenas diatermansi är beroende af värmekällans beskaffenhet; endast bergsaltet förhåller sig lika i afseende på alla fyra. Vi måste här väl beakta, att ljusstrålarne också äro värmestrålar; att det är en och samma etherrörelse, som frambringar intrycket af ljus, när den verkar på synnerven, och intrycket af värme, när den afficierar vår kropps känselnerver. Emedlertid hafva de lysande värmestrå-larne kortare våglängd än de mörka, och då vi redan förut sett,168

att ljusvågor af olika längd absorberas olika af samma kropp, innebära tabellens uppgifter för oss ingenting öfverraskande. Under det sålunda glaset genomsläpper 39 procent af strålarne från den första, ocb 21 af dem från den andra värmekällan, absorberar det fullständigt allt värme från den fjerde och 94 procent af den tredjes. Klar is, så genomskinlig för ljus, genomsläpper blott 6 proc. af lampans värme och så godt som ingenting af de öfrigas. Häri ligger en antydan om, att den vida största delen af lampans värme måste vara mörkt, eftersom lysande strålar genomgå isen nästan utan all absorption, men 94 proc. af lampans strålar qvarhållas. Huru liten betydelse genomskinlighet för ljuset har i det här ifrågavarande hänseendet, visar ock en jemförelse mellan N:o 7 och N:o 8; bergkristall och röktopas bestå båda af kiselsyra, den förre är fullkomligt genomskinlig; den andre mörkbrun, och likväl är graden af deras diatermansi nästan alldeles densamma.

Melloni ansåg bergsalt vara fullkomligt diaterm ant för alla slags värmestrålar, och att de förlorade 7,7 procenten, som tabellen angifver, ej härröra af absorption, utan af reflexion mot saltskifvans båda ytor. Noggrannare undersökningar af de la Provostaye och Desains hafva emedlertid ådagalagt, att denna förmodan ej är fullt riktig, och Balfour Stewart har gjort den märkliga iakttagelse, att ämnet är särskilt ogenomträngligt för strålar, som utgå från ett annat uppvärmdt saltstycke. Till denna vigtiga fråga skola vi framdeles återkomma.

I följande tabell, som äfven är hämtad ur Mellonis arbete, äro graderna af diatermansi för nitton särskilda vätskor angifna. Värmekällan var här en Argandsk lampa, försedd med cylindriskt glas; vätskorna voro inneslutna i platta glaskärl, så att tjockleken af det vätskelager, hvilket värmet hade att passera, utgjorde 9,21 millimeter; ziffrorna i sista kolumnen angifva liksom ofvan det genomgående värmet såsom procent af det hela. Vattnet bibehåller, som man ser, oaktadt förändringen i aggregat-tillstånd, äfven här sin framstående plats såsom atermant.

1. Kolsvafla..........63

2. Svafvelchlorid.......63

3. Fosforsuperclilorur 62

4. Terpentin.........31

5. Olivolja...........30

6. Naphta...........28

7. Lavendelolja........26

8. Svafvelether........21

9. Svafvelsyra.........17

10. Ammoniak.........15

11. Salpetersyra........15

12. Vattenfri alkohol.....15

13. Kalihydrat.........13

14. Ättiksyra.........12

15. Träd-ättika........12

16. Koncentrerad sockerlösning 12

17. Bergsaltlösning......12

18. Ägghvita.........11

19. Destilleradt vatten 11169

Den motsvarighet mellan absorptions- och utstrålnings-förmåga, hvilken vi nyligen lärt känna hos metaller, fernissa o. s. v., kan också lätt uppvisas hos de ämnen, som uppräknas i dessa tabeller. Ett eller par exempel, hämtade ur en afhandling af Balfour Stewart, äro tillräckliga. I detta kopparkärl hålles vatten i sakta kokning; på dess flata lock ligga skifvor af glas och bergsalt, hvilka antaga lockets temperatur. Hålles den sednare skifvan framför vår termo-elektriska stapel, rör galvanometernålen sig nästan alls icke; utbytes den deremot mot glasskifvan, gör nålen ett stort utslag; glaset, som absorberar bättre än saltet, utstrålar äfven lättare. Med alun kan försöket ej anställas på fullt samma sätt, emedan det då smälter i sitt kristallvatten; men äfven om dess temperatur är lägre än glasets, kan man lätt öfvertyga sig om, att dess verkan på stapeln ändock är kraftigare än det sednares på grund af dess öfverlägsna utstrålningsförmåga.

Absorptionen försiggår inom den absorberande kroppen; denna måste derföre hafva en viss tjocklek. Detta gäller om både ljus och strålande värme. Ett mycket tunnt lager af öl (pale ale) är nästan lika så färglöst som ett lager af vatten; absorptionen är tör obetydlig för att åstadkomma den färg, som en större mängd af den förstnämnda vätskan visar. På ett enda glas rent vatten kan man ej upptäcka något tecken till färg; men på följande sätt kan man öfvertyga sig om, att denna genomskinliga vätska ingalunda är alldeles färglös. Detta 15 fot långa rör AB (bild 82) ligger vågrätt och är till hälften

0

Bild 82.

fyldt med vatten; dess ändar äro tillslutna med plana glasskif-vor. Vid A står den elektriska lampan L och sänder en ljus-cylinder längsigenom röret; öfre hälften deraf går således genom luft, den nedre genom vattnet. Vid andra ändan B af röret står en lins C och kastar en förstorad bild OP deraf på skärmen;170

denna består, som I sen, af tvenne halfcirklar, hvilka bildats af de båda ljussorterna. Sålunda kan man lätt jemföra dem mecl hvarandra och finner då, att luft-halfcirkeln är färglös, men den andra skönt blågrön. Genom att öka det absorberande lagrets tjocklek ökar man alltså absorptionen; vågrörelsens upptagande eller förstöring försiggår, som sagdt, inom kroppen, och är ingalunda någon verkan af dess yta.

Melloni har uppvisat detsamma i afseende på strålande värme. I hans ofvan (sid. 166) omtalade försök var den använda skifvans tjocklek 2,c millimeter, men begagnar man en tunnare, går en större del af värmet igenom, och

genom att taga en skifva af ett ganska ogenomträngligt ämne tillräckligt tunn kan man göra den nästan lika diaterman som bergsalt. Se här ett par exempel i denna väg; man har användt skifvor af glas och selenit, hvilkas tjocklek i millimeter är angifven i första kolumnen af följande tabell; de öfriga talen deri hafva samma betydelse som i de båda föregående.

| Glas.

Selenit.

Vi skola nu något förändra vår undersökningsmetod. Antagom, att ett knippe strålar af olika våglängder — från solen, från den elektriska lampan eller från hvilken annan källa som helst — träffar en diaterman skifva. En del absorberas dervid, en annan går igenom. Antagom vidare, att dessa genomgående strålar träffa en annan skifva af samma ämne som den förra; den del af dem, som framsläppes genom denna sednare, måste då tydligen blifva större än den del af det ursprungliga knippet, som framsläpptes genom den första skifvan. Ty denna har redan, åtminstone till stor del, förstört de strålar, hvilka ämnet öfverhufvud förmår absorbera; den har renat, eller "sållat" knippet, och dettas återstod har alltså en större genomträngande kraft i afseende på ifrågavarande ämne. Man säger stundom, att strålknippet har förändrat sin art eller qvalitet vid

Skifvans tjocklek i millimeter Värmekälla Locatellis lampa Glödande Platina Koppar vid 400° Koppar vid 100° 2,6 39 24 6 0 0,5 54 37 12 1 0,07 77 57 34 12 2,6 14 5 0 0 0.4 38 18 7 0 0,01 64 51 32 21171

passagen genom den första skifvan; detta får dock icke så förstås, som skulle någon särskild stråle af en viss våglängd hafva undergått någon förändring i detta hänseende, det är blott ur knippet, såsom ett helt betraktadt, som vissa beståndsdelar blifvit aflägsnade.

En experimentel bekräftelse af denna slutledning är följande. Det ursprungliga strålknippet må utgå från en Locatellis lampa; de båda skifvorna må vara af något bland nedannämnda fyra ämnen. Första radens ziffror i följande tabell angifva det procenttal af det ursprungliga värmebeloppet, som genomgått den första skifvan — dessa tal återfinnas följaktligen i tabellen å sid. 167 — andra radens ziffror det procenttal af det "sållade" strålknippets styrka, som genomgår den andra.

Bergsalt Alun Chromsyradt kali Selenit

92,3 .... 9 .... 34 14

92,3 .... 90 .... 71 91

Som man ser, eger en betydlig tillökning rum för de tre sista ämnena. Endast med bergsalt är förhållandet annat, och detta beror uppenbarligen af den märkvärdiga egenskap hos detta ämne, som vi redan förut funnit hos detsamma, nemligen att genomsläppa alla slags strålar i det närmaste lika lätt.

Jag skall nu visa Er detta "sållningens" inflytande genom ett verkligen öfverraskande experiment. Här är en s. k. differential-termometer (bild 83) bestående af ett U-formadt rör ah, hvars båda ändar äro utblåsta till kulor; den vågräta delen af röret är fylld med en färgad vätska, som äfven uppstiger något i de lodräta skänklarne. Är luftens temperatur i båda kulorna fullkomligt lika, stål-vätskan lika högt i båda rören, men jag behöfver endast beröra med handen den ena kulan för att åstadkomma en utvidgning af dess inneslutna luft, tillräcklig att nedtrycka den ena vätskepelaren och höja den andra. Nu får en kraftig värmestråle från den elektriska lampan falla på den ena kulan — och man kan i sanning knappt tro sina ögon; icke den ringaste nedtryckning af vätskepelaren eger rum; luften i kulan utvidgar sig ej det minsta. Förklaringen är helt enkel; strålen har ju, innan den träffar termometern, genomgått såväl lampans glaslins, som ett 12—14 fot tjockt lager af luft; härigenom har den beröfvats alla de beståndsdelar, som

Bild 83.172

förmå absorberas af och inverka på termometerns såväl luft som glas. Men öfverdrar man blott en del af kulan med sot, så blir resultatet genast ett helt annat; värmestrålen absorberas, och vätskepelaren nedtryckes kraftigt.

Yi pläga använda eldskärmar af glas. hvilka genomsläppa kamin-eldens behagliga sken, men af hålla dess hetta; skälet dertill är uppenbarligen, att glaset är nästan ogenomträngligt för mörka värmestrålar, hvilka utgöra hufvudbeståndsdelen af eldens hetta. Men likväl går ingenting förloradt; glaset absorberar dessa mörka strålar och uppvärmes af dem; etherrörelsen meddelar sig åt den fasta kroppens molekuler.

Men, skall Ni säga, blir ej glaset då sjelft en värmekälla? Och om så är, kunna vi ju ej hafva något gagn af skärmens absorption. — Den förra slutsatsen är fullkomligt riktig, men icke den sednare. Närstående teckning (bild 8-4) förtydligar

förloppet; F är en punkt af elden, från hvilken strålar utgå i räta linier mot en person, som befinner sig vid P. Ställes skärmen S emellan, absorberar den hettan, uppvärmes och utsänder åter strålar — men lika starkt i alla rigtningar, icke blott i rigtning mot P. Den dervarande personen mottager numera blott en liten bråkdel af det värme, som förut tillfördes honom direkte från elden.

Der ethervågorna framgå obehindrade, meddelas ingen vär-merörelse, såsom vi redan hafva sett i fråga om differential-termometern. Ett stycke kött kan stekas framför en eld, äfven om dess omgifvande luft är kall som is. Befinner Ni Er på ett högt berg, kan luften omkring Er vara isande kall, oaktadt en brännande sol står öfver Ert hufvud; solstrålarne falla på huden med nästan odräglig hetta, men framgå genom luften utan att värma den; först då Ni kommer in i skuggan, får Ni begrepp om atmosferens verkliga temperatur. Aldrig i hela mitt lif har jag plågats så af solhettan som uppe på Mont Blanc d. 13 Aug.

Bild 84.•173

1857, och det fastän både min följeslagare och jag sjelf vadade i snö ända till knäna. Vid inträdet i skuggan af Dome du Gouté öfvergick denna förnimmelse nästan ögonblickligen till sin motsats, ty här var luften iskall. Och likväl var dess temperatur i sjelfva verket nästan alldeles densamma derute i solskenet.

Att solstrålame genomtränga glas utan att märkbart uppvärma det, beror helt enkelt deraf, att de på sin föregående väg genom atmosferen aflemnat till största delen just samma beståndsdelar, som glaset förmår absorbera. En gång förut (sid. 65) har jag anställt ett försök, som I nu kunnen fullt begripa; en stråle elektriskt ljus sändes nemligen genom ett isstycke, utan att smälta det. Strålen hade, såsom I torden erinra Er, förut sållats genom vatten, och dettas temperatur blef derför också under experimentets fortgång stegrad till nära kokpunkten. Anmärkningsvärdt är, att både den fasta isen och det flytande vattnet tyckas genomsläppa och upptaga alldeles samma strålar, hvadan den ena kroppen kan användas som "såll" för den andra; absorptionsförmåga!! förändras således icke, åtminstone i detta fall, genom aggregat-tillståndets förändring. JVIen ingalunda må vi föreställa oss, att den elektriska ljusstråle, som i ofvannämnda försök genomgick isstycket utan att smälta det, varit beröfvad allt sitt värme. Låter man den efter utgåendet ur isen fälla på den termo-elektriska stapeln, kastas galvanometernålen häftigt mot glimmerbladen.

Iiedan förut har jag påpekat, att genomskinlighet för ljuset och diatermansi alls icke nödvändigt följas åt; ett särdeles godt exempel på frånvaro af den förra egenskapen och närvaro af den sednare erbjuder denna skifva af bergsalt, som öfverdragas med ett tjockt lager af sot. Man kan ej ens se det elektriska ljuset genom densamma. Nu samlas strålarne från vår elektriska lampa genom en lins på en viss punkt af väggen; jag sätter ett märke på denna punkt för att kunna lätt återfinna den, och inställer derefter den svarta skifvan i strålarnes väg. Intet spår af ljus faller nu på den betecknade punkten, men sättes den termo-elektriska stapeln dit, gör nålen ändock ett ytterst häftigt utslag på grund af de osynliga strålarnes verkan.

Kan detta dock icke förklaras på ett annat sätt? Kan det ej tänkas, att det är från den genom absorptionen upphettade saltskifvan, som dessa strålar utgå, hvilka nu sätta nålen i rörelse? Inkastet är mycket lätt vederlagdt; jag behöfver endast föra stapeln en hårsmån åt sidan från den nyss utmärkta punkten, för att nålen genast skall falla till noll. De värmestrålar, som utgå från saltskifvan, måste ju spridas lika mycket åt alla•174

håll; de kunna omöjligen samlas genom linsen till den här ifrågavarande punkten, eftersom linsen befinner sig på andra sidan om saltskifvan.

Tillsist må här anföras en tillämpning, som Melloni gjorde af sina ofvan omtalade resultat på bestämmandet af procenthalten af ljusa och mörka strålar i åtskilliga värmekällor, om än hans värden kunna anses blott approximativt riktiga på grund af något felaktig förutsättning. Bergsalt. menar han, genomsläpper alla slags strålar, både lysande och mörka; alun deremot endast de förra; skilnaden mellan båda måste alltså gifva beloppet af den mörka strålningen. Och häraf erhöllos följande resultat för de tre anförda värmekällorna:

Lysande strålar Mörka strålar

Oljelampans låga........10.........90

Hvitglödande platina...... 2.........98

Alkohol-låga........... 1.........99.

KAP. X.

Gasers värme-absorption. — Beskrifning på apparaten. — Svårigheter vid undersökningen. — Luftens och de enkla genomskinliga gasernas diatermansi. — Oljbildande och andra sammansatta gasers samt ångors atermansi. — Gasers utstrålningsförmåga. — Motsvarighet mellan utstrålning och absorption. — Atom-konstitutio-nens inflytande; enkla och sammansatta kroppar. — Undantag från regeln. — Ångors absorption.

Bihang: Mellonis metod att evaluera eu galvanometers grader.

Vi hafva nu undersökt de fasta och flytande kropparnes diatermansi eller genomtränglighet för värme och dervid funnit, att så tätt dessa kroppars atomer än äro sammanpackade, deras mellanrum dock kunna lemna fri väg åt ethervågorna, så att dessa i många fall framsläppas nästan utan något märkbart hinder. I andra fall hafva vi deremot funnit, att molekulerna qvarhålla de mot dem stötande värmevågorna, men dervid sjelfva i sin ordning blifva utgångspunkter för rörelse. Med ett ord: Fullkomligt diatermana kroppar framsläppa värmevibrationerna genom sig, utan att undergå någon temperaturförändring, men •174

håll; de kunna omöjligen samlas genom linsen till den här ifrågavarande punkten, eftersom linsen befinner sig på andra sidan om saltskifvan.

Tillsist må här anföras en tillämpning, som Melloni gjorde af sina ofvan omtalade resultat på bestämmandet af procenthalten af ljusa och mörka strålar i åtskilliga värmekällor, om än hans värden kunna anses blott approximativt riktiga på grund af något felaktig förutsättning. Bergsalt. menar han, genomsläpper alla slags strålar, både lysande och mörka; alun deremot endast de förra; skilnaden mellan båda måste alltså gifva beloppet af den mörka strålningen. Och häraf erhöllos följande resultat för de tre anförda värmekällorna:

Lysande strålar Mörka strålar

Oljelampans låga........10.........90

Hvitglödande platina...... 2.........98

Alkohol-låga........... 1.........99.

KAP. X.

Gasers värme-absorption. — Beskrifning på apparaten. — Svårigheter vid undersökningen. — Luftens och de enkla genomskinliga gasernas diatermansi. — Oljbildande och andra sammansatta gasers samt ångors atermansi. — Gasers utstrålningsförmåga. — Motsvarighet mellan utstrålning och absorption. — Atom-konstitutio-nens inflytande; enkla och sammansatta kroppar. — Undantag från regeln. — Ångors absorption.

Bihang: Mellonis metod att evaluera eu galvanometers grader.

Vi hafva nu undersökt de fasta och flytande kropparnes diatermansi eller genomtränglighet för värme och dervid funnit, att så tätt dessa kroppars atomer än äro sammanpackade, deras mellanrum dock kunna lemna fri väg åt ethervågorna, så att dessa i många fall framsläppas nästan utan något märkbart hinder. I andra fall hafva vi deremot funnit, att molekulerna qvarhålla de mot dem stötande värmevågorna, men dervid sjelfva i sin ordning

blifva utgångspunkter för rörelse. Med ett ord: Fullkomligt diatermana kroppar framsläppa värmevibrationerna genom sig, utan att undergå någon temperaturförändring, men•175

de, som hindra värmeströmmen, upphettas genom absorptionen. Tillochmed genom is sände vi en kraftig värmestråle; men emedan denna var af sådan art, att den ej absorberades af isen, gick den fram genom detta i hög grad känsliga ämne utan att smälta det. Vi hafva nu att undersöka gasformiga kroppar; och här äro rummen mellan atomerna så betydligt förstorade, molekulerna så fullständigt befriade från allt ömsesidigt sammanhang, att man väl kunde tycka sig på förhand berättigad till den slutsats, att gaser och ångor äro fullkomligt diatermana. Sådan var ock, för ännu ej så längesedan, den allmänna föreställningen; och denna slutsats grundade sig på försök, anställda med atmosferisk luft, hvilken ej visade något spår till absorption.

Men för hvarje år ökas våra resurser; upptäckten af förbättrade metoder sätter oss i stånd att återupptaga våra undersökningar med ökade utsigter till framgång. Låtom oss ännu en gång pröfva den atmosferiska luftens diatermansi! Vi kunna anställa ett förberedande försök genom att framsläppa en värmestråle genom denna ihåliga tenncylinder AB (bild 85), 1 fot

Bild 85.

lång och ungefär 3 tum i diameter. Men som det gäller att jemföra värmets genomgång genom luften med dess genomgång genom ett tomrum, måste vi hafva något medel att tillsluta ändarne af cylindern, för att kunna göra den lufttom — och här möter den första svårigheten. Efter regeln absorberas mörkt värme lättare än lysande, och eftersom vår afsigt är att göra en mycket diaterman kropps absorption märkbar, hafva vi största utsigt att lyckas, om vi använda strålar från en mörk värmekälla.•176

Våi' cylinder måste alltså tillslutas med ett ämne, som släpper mörkt värme fritt igenom. Skola vi begagna glas dertill? En blick på tabellen å sid. 167 säger oss, att glas är fullkomligt ogenomträngligt för dylikt värme; likså gerna kunde vi tillsluta cylindern med metallskifvor. Men se nu, huru den ene forskarens upptäckter blifva till gagn för en annan; liuru vetenskapen växer, derigenom att de resultat, den ene vunnit, blifva mäktiga hjelpmedel för en sednare. Hade ej Melloni upptäckt bergsaltets diatermana egenskap, så vore vi nu alldeles strandsatte. Länge nog var emedlertid svårigheten att erhålla berg-saltskifvor, tillräckligt stora och rena för ändamålet, nästan oöfvervinnerlig. Men en naturforskare behöfver ej länge vänta på hjelp, blott han tillkännager sina behof; och tack vare mina vänners välvilja har jag här skifvor af detta dyrbara ämne, hvilka medelst locken A och B kunna skrufvas lufttätt på cylinderns ändar. Denne är ock försedd med två kranar, af hvilka den ene c afstänger eller öppnar förbindelsen med en luftpump, som kan tömma cylindern, under det genom den andre c' luft eller någon annan gas kan deri insläppas.

Framför dess ena ända står vidare en Leslies kub C, full med kokande vatten och öfverdragen med sot, som ökar dess utstrålning; vid den andra vår termo-elektriska stapel, från hvilken trådar leda till galvanometern. Mellan ändan B af cylindern och kuben C är en bleckskärm T ställd, som drages undan, när man vill framsläppa värmestrålarne från C genom B A till stapeln. Vi utpumpa nu luften ur cylindern och draga skärmen litet åt sidan; strålarne genomgå tomrummet och falla på stapeln. Skärmen hindrar dem emedlertid ännu till en del, galvanometernålen visar stadigt på 30°.

Nu skola vi insläppa torr luft; detta sker medelst kranen c', från hvilken ett böjligt kautschukrör leder till de två krokiga rören TJ, TT, hvilkas ändamål nu skall förklaras. Båda äro fyllda med pimstensbitar, hvilka i TJ äro genomdränkta med en lösning af kaustikt kali, i TJ' med svafvelsyra; de förra absorbera och qvarhålla den inträdande luftens kolsyra, de sednare dess vattenånga; den luft, som inkommer i cylindern, är således renad från dessa beståndsdelar. Nu störtar den in — qvicksilfret i luftpumpens barometerprofvare faller såsom tecken dertill — och under det detta sker, bören I observera galvanometernålen. Om luften förmår i någon märkbar grad absorbera ethervågorna, måste värmets aftagande röja sig genom en minskning af nålens utslag. Cylindern är nu full, men I sen ingen förändring på galvanometern och skullen ej heller hafva märktnågon sådan, om I ock stått alldeles bredvid instrumentet. Luften tyckes alltså vara lika diaterman som sjelfva tomrummet.

Genom att flytta skärmen kunna vi förändra den värmemängd, som faller på stapeln; genom att draga den gradvis undan, kunna vi sålunda inställa nålen successivt på 40°, 50°, fiO°, 70° och 80°; och för hvarje sådan ställning upprepa försöket, I intet dylikt fall synes nålen röra sig det ringaste; likaså litet, om dess ursprungliga utslag är 10° eller 20°.

Detta försök är en fråga, ställd till naturen; och dess tystnad tyda vi som ett nekande svar. Men en erfaren forskare nöjer sig ej så lätt med ett dylikt, och jag är ej rätt säker på, att vi hafva framställt vår fråga på det bästa möjliga sätt. Låtom oss noga öfvertänka. hvad vi verkligen gjort, och be-traktom till en början det fall, då utslaget varit som minst, d. v. s. 10°! Antagom, att luften ej vore absolut diaterman; att den verkligen absorberade en mycket liten del — låt vara Tii1oö — af det värme, som genomgår cylindern; skulle vi väl då vara i stånd att upptäcka denna dess verkan? En sådan absorption skulle minska utslaget med af dess belopp, således med Tji5 grad; en sådan förminskning skulle omöjligen kunna varsebiifvas.

Men vi hafva ju icke inskränkt oss till en så liten värme-mängd; resultatet blef detsamma, då utslaget var 80° i stället för 10°. Här måste jag bedja Er anstränga Er uppmärksamhet, för att under en liten stund följa mig på ett något svårare område. Jag önskar nemligen göra en vigtig egendomlighet hos galvanometern rätt klar för Er.

Under det nålen visar på 0°, må en värmemängd tillföras stapeln, tillräcklig att åstadkomma ett utslag af 1°. Antagom, att värmemängden derpå ökas, så att den åstadkommer utslag af 2°, 3°, 4°, 5°; då förhålla sig de ifrågavarande värmemängderna som 1:2:3:4:5; den sista är jemnt fem gånger så stor som den första. Men denna proportionalitet eger blott så länge rum, som utslagen ej öfverstiga ett visst belopp; ty i den mån nålen aflägsnar sig längre från nollpunkten, har strömmen allt svårare att verka på densamma. Den saken känner nog en sjöman, som arbetar med ett gångspel; alltjemt rigtar han sin kraft vinkelrätt mot häfstången, ty rigtades den snedt deremot, skulle blott en del deraf blifva verksam till gångspelets kringdrifvande. Likaså i fråga om den elektriska strömmen; står nålen i en märkbar vinkel mot strömrigtningen, verkar endast en del af strömstyrkan på densamme. Häraf beror det, att ehuru vär-memängden kan noggrannt uttryckas, och i förevarande fall verkligen uttryckes genom den deraf uppväckta strömmens styrka,

(le stora galvanometerutslagen likväl ej äro ett noggrannt mått på den värmemängd, som meddelas stapeln, alldenstund de ej uttrycka strömmens hela verkan, utan blott en del deraf.

Den galvanometer, I här sen. är så inrättad, att utslags-vinklarne ända till ungefär 30° äro proportionela mot värme-mängderna; det värme, som erfordras till att röra nålen från 29° till 30°, är i det aldra närmaste lika stort, som det hvilket för den från 0° till 1°. Men derutöfver är proportionaliteten slut. Den värmemängd, som rör nålen från 40 till 41, är tre gånger så stor som den, som rör den från 0° till 1°; för att röra den från

50° till 51° fordras 5 gånger 60° „ 61° „ 7 „ 70° „ 71° „ 11 „ 80° „ 81° „ mer än 50 gånger så mycket värme, som för att röra den från 0° till 1°. Ju högre upp vi gå, desto större är den värmemängd, som motsvarar en grads vridning; skälet är naturligtvis, att den kraft, som verkligen rör nålen, blir en allt mindre del af den ströms kraft, som genomgår tråden.

Genom ett förfaringssätt, som beskrifves i bihanget till detta kapitel, kunna galvanometerns högre grader uttryckas eller "evalueras" i de lägre. Sålunda få vi se, att under det utslag af 10°, 20°, 30° uttrycka värmemängder af beloppen 10, 20, 30, respektive, ett utslag af 40° angifver ett värmebelopp af 47, ett af 50° ett belopp af 80; under det utslag af 60°, 70°, 80° angifva värmemängder, som tillväxa ännu hastigare.

Hvad är resultatet af denna undersökning? Den gifver oss en bättre metod att fråga naturen. Den visar oss, att om vi göra utslagen små, är den värmemängd, som tillföres stapeln, så obetydlig, att äfven om en del deraf borttoges, skulle detta undgå vår uppmärksamhet; under det att deremot, om vi begagna starkare strålning och således stora utslag, nålen kommer att befinna sig i en ställning, ur hvilken den först genom en ganska betydlig förändring af värmeströmmen låter röra sig. af hela strålningen skulle i förra fallet vara i och för sig alltför liten att kunna mätas; i det sednare kunde den väl vara rätt betydlig, men dock icke i stånd att märkbart inverka på nålen. Om t.

ex. utslaget är större än 80°, skulle en ökning eller minskning af värme, som motsvarade 15—20 af de lägsta galvanometergraderna, knappast frambringa någon synbar verkan.

Vårt mål ligger nu klart för oss. Vi måste ställa så till, att under det vi arbeta med ett så stort värmebelopp, att en179

ringa bråkdel deraf ej är försvinnande liten, nålen ändock hålles i sitt mest känsliga läge. Lyckas detta, hafva vi dermed utomordentligt ökat vår observationsförmåga. Om en aldrig så liten del af värmet absorberas af gasen, kunna vi öka denna dels absoluta värde genom att öka hela värmebeloppet.

Till all lycka kan denna uppgift praktiskt lösas. I veten, att om vi låta värme falla på stapelns båda sidor, upphäfva de elektriska strömmarne hvarandra mer eller mindre, och att denna neutralisering blir fullständig, om de åt båda sidorna meddelade värmemängderna äro inbördes lika. Vår galvanometernål står nu på 80° under inverkan af det genom cylindern framström-mande värmet; jag aftäcker stapelns andra sida, som äfven är försedd med en konisk reflektor, och ställer en kub med kokande vatten derframför; nålen faller, som I sen, ögonblickligen.

Medelst en lämpligt inställd skärm kan den värmemängd, som faller på denna stapelns andra sida, så regleras, att den jemnt neutraliserar den första sidans; detta är nu verkställdt, och nålen pekar på 0°.

Här hafva vi således två kraftiga och fullkomligt lika värmeströmmar, som falla på hvarsin sida af stapeln och af hvilka den ena går igenom vår lufttomma cylinder. Om nu luft får inträda i denna sednare, och denna luft utöfvar någon märkbar verkan på värmestrålarne, måste den nu bestående jemnvigten upphäfvas; den andra värmekällan måste segra öfver den första, eftersom en del af dennas strålning absorberas; nålen, som nu befinner sig i sitt känsligaste läge, måste göra utslag, och af dettas storlek kunna vi noggrannt beräkna absorptionen belopp.

Se der grunderna för den apparat, hvarmed vi måste anställa våra undersökningar öfver gasernas inflytande på strålande värme! Emedlertid kräfves här så stor noggrannhet, att en så grof apparat som den nyss omtalade ej skulle motsvara ändamålet. Men I kunnen numera utan svårighet fatta konstruktionen och användningen af den vida fullkomligare apparat, till hvars beskrifning jag nu öfvergår och med hvilken de ifrågavarande försöken i verkligheten blifvit anställda.

Mellan S och S' (se titeltaflan) ligger prof cylindern, ett inuti poleradt messingsrör, 4 fot långt och lufttätt tillslutet vid ändarne medelst stensaltskifvor. Värmekällan C är en kub af gjuten koppar, fylld med vatten, som alltjemt hålles kokande medelst lampan L. Vid denna kub är fastlödd en kortare cylinder, förmaket (synligt på taflan mellan V och S); det har samma genomskärning som profcyhndern och kan förenas lufttätt med denna vid S. Ur detta förmak kan luften utpumpas, och strålarne från värmekällan inträda således genom S i prof-

12*•180

cylindern, utan att förut hafva blifvit sållade genom luften. Men för att värme ej må fortplanta sig medelst ledning från källan till saltskifvan S genom förmaket, är detta omgifvet af ett kärl V, genom hvilket kallt vatten oafbrutet strömmar, inträdande genom röret ii vid kärlets botten och bortflytande genom röret ec. Som man ser, äro förmaket och profcylindern, hvardera särskilt för sig, förbundna med luftpumpen AA. så att hvardera kan tömmas eller fyllas, oberoende af den andra. (Jag vill i förbigående anmärka, att det sedermera befunnits fördelaktigare att förbinda profcylindern med luftpumpen medelst ett böjligt rör, för att ej någon skakning skulle meddela sig från den sednare till den förra). P är den termo-elektriska stapeln, stående vid ändan af profcylindern och försedd med två koniska reflektorer. C' är kompensationskuben, genom hvilken utstrålningen från C neutraliseras; H den modererande skärmen, som medelst en skruf kan föras ytterst långsamt fram och tillbaka; NN en känslig galvanometer, förbunden med stapeln P medelst trådarne ww. Om det graderade röret 00 (till höger på taflan) och inrättningen MK (midt under profcylindern) skall längre fram talas.

Det lärer knappast intressera Er att höra beskrifvas alla de svårigheter, med hvilka jag vid dessa undersökningar i början hade att kämpa, eller de oräkneliga försigtighetsmått, som erfordrades för att jemnt neutralisera de båda värmekällorna. Jag tror, att de försök, som måste anställas endast med atnio-sferisk luft, kunna räknas i

tiotusental. Ofta erhöllos en. ja till-ochmed två veckor igenom öfverensstämmande och tillfredsställande resultat; det tycktes, som omsider alla vilkor förarbetets lyckliga fortgång voro uppfyllda, då åter en dags arbete förstörde alla förhoppningar och tvang mig att åter begynna från början, under förändrade förhållanden. Sådana motgångar kunna väl afskräcka en forskare; det är kampen med dessa många dunkla, invecklade och ingenting mindre än uppmuntrande bi-omständigheter, hvilka i sjelfva begynnelsen hindra undersökningen, som gör de verkliga upptäckterna så sällsynta. Och man vef ju i början alls icke, om ej hela denna möda skall fruktlöst förspillas. Men forskaren, och isynnerhet den unge forskaren, bör alltid betänka, att han i hvarje händelse måste vinna — för sig sjelf åtminstone och för sin egen utveckling, om han blott arbetar ärligt. Medvetandet att hafva, så långt hans resurser medgifvit, fullkomligt genomträngt sitt ämne, känslan af att ej hafva skytt någon möda, äfven om resultatet endast ådagalagt fruktlösheten af hans bemödanden — de höja i hvarje fall hans kraft och utrusta honom till kommande strider.•181

Men tillbaka till ämnet! Till en början lemnade jag alldeles ur sigte atmosferens vattenånga och kolsyra, antagande — liksom så många andra gjort före mig — att dessa ämnens inflytande på värmestrålningen var, på grund af deras ytterst ringa mängd, alldeles omärkbar; snart nog visade sig detta antagande förhastadt. Derpå använde jag först chlorcalcium såsom uttorkande medel, men måste upphöra dermed; derefter pimsten, fuktad med svafvelsyra, med lika liten framgång. Slutligen tillgrep jag små stycken af' rent glas, som fuktades med svafvelsyra och medelst en tratt infördes i ett U-formigt rör. Detta medel befanns vara det bästa, men äfven här var yttersta omsorg af nöden. Innehållet af hvardera rör skänkeln måste ofvantill täckas med ett lager af torra glasskärfvor, ty det minsta damkorn från korken eller en smula lack, stor som tjugondedelen af ett ltnappnåls-liufvud, var, om den kom i beröring med svafvelsyran, tillräcklig att förderfva resultatet. Dessutom måste torkrören ofta ombytas, emedan atmosferens organiska partiklar, så obetydliga de än voro, efter någon tids förlopp inverkade störande.

För att aflägsna kolsyran, sönderstöttes ren Carr ar a-marmor, fuktades med kaustikt kali och infördes i ett U-rör. Vid de första försöken användes äfven de raka rör YY, som synas till venster på taflan; jag har dock numera öfvergifvit denna anordning. Och slutligen begagnas gashållaren GG, då frågan gäller andra gaser än atmosferisk luft.

Låtom oss nu öfvergå till försöket! Vi hafva utpumpat luften ur både förmaket och profcylindern; strålarne gå från kuben C genom det förra; derefter genom saltskifvan S. cylindern och skifvan S', samt träffa omsider stapelns P framsida. De neutraliseras genom strålningen från kompensationskuben C, och galvanometernålen står, som I sen, på noll. Vi vilja till en början använda vårt känsliga prof på torr luft. Den inströmmar nu i profcylindern; men visst är åtminstone, att på det afstånd, der I nu befinnen Er, ingen rörelse af nålen kan upptäckas, och således ingen märkbar absorption synes ega rum. Luftens atomer tyckas alltså vara ur stånd att qvarhålla någon enda värmevåg; ämnet är i praktiskt hänseende lika diatermant som sjelfva tomrummet.

Är det så äfven absolut taget? Se der en fråga, som knappast kan genom iakttagelser besvaras. Säkert är, att ju fullständigare luften blifvit befriad från inblandning af kolsyra, vattenånga och andra gaser, dessmera närmar sig dess inflytande på värmestrålningen till likhet med det absoluta tomrummets. Men hvem kan ansvara för, att den bästa uttorkningsapparat är alldeles fullkomlig; hvem kan ansvara för, att icke svafvel-•182

syran, genom hvilken luftströmmen måste draga fram för att inträda i profcylindern, meddelar ett spår af sin ånga deråt? Sjelfva kranarne måste ju smörjas; fettet på dem kan måhända ock meddela en oändligt liten qvantitet af främmande ämnen åt luften. Nog af — vi skola här antaga, att ämnet verkligen absorberar något; att hela den i profcylindern vid en atmosfers tryck inneslutna luften förmår röra galvanometernålen från 0° till 1° — tvifvelsutan är dess absorption visst icke ens så stor — och antaga detta värmebelopp som enhet i det närmast följande.

Om vätgas, syrgas och qväfgas, alla naturligtvis i fullkomligt rent tillstånd, är alldeles detsamma att säga som om atmo-sferisk luft; jag har ej förmått mellan dem upptäcka den ringaste skilnad; de förhålla sig i praktiskt afseende allesammans som tomrummet.

Så förhålla sig ock, menade man fordom, gaserna i allmänhet. Låtom oss se, om denna åsigt är riktig eller ej!

Gashållaren GG innehåller nu oljbildande gas — vanlig lysgas skulle för öfrigt lika bra motsvara ändamålet. Denna gas är lika genomskinlig och osynlig som luften; släppes den ut i atmosferen, ser man ej det ringaste spår af den. Profcylindern är nu tom, galvanometernålen visar på noll, jag insläpper gasen från GG- i cylindern — och nålen sätter sig genast i rörelse, stannande till slut på 70°.

Här egde alltså en absorption rum, och dertill en ganska betydlig; men huru stor del af hela det genomgående värmet absorberades ? Vi måste uppmäta hela detta värmebelopp; vi sätta en metallskärm mellan stapeln P och ändan S' af profcylindern, och afstänga derigenom all strålning genom denna sednare. Den ditåt vända ytan af stapeln förlorar hastigt nog allt sitt värme; den befinner sig nu vid rummets temperatur, och endast strålningen från kompensationskuben verkar på dess andra sida, frambringande ett utslag af 75°. Men vid försökets början voro strålningarne på båda sidorna lika; utslaget 75° motsvarar alltså hela strålningen genom profcylindern, när den är tom.

Taga vi nu, såsom nyss sades, till enhet den värmemängd, som erfordras för att röra nålen från 0° till 1°, så svara mot ett utslag af

75°....... 276 enheter

70°.......211 d:o.

Af de 276 enheterna har alltså oljbildande gas absorberat 211, d. v. s. nära 80 procent.•183

Tyckes det Er icke nu, som hade ett ogenomträngligt lager afsatt sig på saltskifvornas insidor, när gasen inströmmade i cylindern? Densamma afsätter emedlertid icke något sådant; rigtas en ström deraf mot en blankpolerad saltskifva, kan man ej derpå upptäcka den ringaste dunkelhet. För öfrigt behöfvas alldeles icke dessa skifvor, om man endast vill ådagalägga gasens absorptionsförmåga, ej noggrannt uppmäta densamma. Jag borttager vår profcylinder och ditsätter i stället en i båda ändar öppen dylik af tenn; när gasen insläppes i denna på samma sätt som förut, gör galvanometernålen genast ett häftigt utslag. Och märken, hvilken ytterst ringa gasqvantitet är tillräcklig att åstadkomma en dylik verkan! Jag renar den öppna cylindern genom att låta en luftström draga fram derigenom och låter nålen inställa sig på nollpunkten; derefter öppnar jag gashållarens krän och sluter den genast åter så hastigt som möjligt. En enda gasbubbla har hunnit inträda i cylindern, och likväl går nålen genast upp till 70°. Ja, vi kunna taga bort tillochmed denna cylinder och låta gasen utströmma i fria luften mellan värmekällan och stapeln; man ser naturligtvis i luften ingenting, och likväl tillkännager nålen genom sitt utslag af 60°, att ett osynligt hinder här blifvit satt mot värmestrålarne.

Sålunda se vi, att ethervågorna, hvilka nästan utan ringaste hinder glida fram mellan syrets, qväfvets och vätets atomer, kraftigt uppehållas af den oljbildande gasens molekuler. Vi skola inom kort få se, att äfven många andra genomskinliga gaser utöfva i detta hänseende en verkan, ojemförligt öfverlägsen luftens. Men vi äro i stånd att efter behag minska antalet af de i profcylindern befintliga absorberande gasmolekulerna och dermed äfven sjelfva absorptionen. Nyss insläppte vi oljbildande gas i sådan mängd, att dess tryck blef lika med den yttre luftens, blef som man säger — en hcl atmosfer "men förmedelst den med luftpumpen förbundna qvicksilfverprofvaren kunna vi insläppa hvilken på förhand uppgifven mängd deraf som helst. Vi göra början med blott en trettiondedel af det förra beloppet och uppmäta den deraf åstadkomna absorptionen derefter insläppa vi åter lika mycket, så att den inneslutna gasens spänstighet blir ^ atmosfer, o. s. v. De sålunda erhållna resultaten innehållas i följande tabell, der venstra kolumnens ziffror angifva det tryck hvarunder den ifrågavarande gasen befinner sig, den högras det antal enheter, som absorberas, af det ofvannämnda totalbeloppet '276:•184

Tabell N:o 1.

Oljbildande Gas.

Tryck Absorption

(Enhet = ^ atmosfer)

1...................... 90

2......................123

3......................142

4......................157

5......................168

6......................177

7......................182

8......................186

9......................190

10......................193.

För att nu endast beakta första raden i denna tabell, se vi alltså, att den oljbildande gasen vid ifrågavarande tryck absorberar minst nittio gånger så starkt, som atmosferisk luft vid ett trettio gånger större. Men vi finna vidare, att hvarje ny gasmängd af det ifrågavarande beloppet, som insläppes i cylindern, absorberar mindre än den nästföregående; den första nemligen 90, den andra 33, den tredje 19, den sista endast 3 enheter. Sådant var ock att förutse. Den första gasmängden liar, om jag så får uttrycka mig, redan verkställt en slags exekution bland de strålar, hvilka ämnet öfverhufvud förmår absorbera; deras leder hafva alltså glesnat, och redan den andra finner ett inskränktare fält för sin förstörande verksamhet,

Men antagom, att vi insläppte gasen i så ytterst små qvantiteter, att det värme, som den första förmådde absorbera, vore försvinnande litet i jemförelse med hela tillgången af förstörbara vågrörelser — då måste, åtminstone till en tid, absorptionen blifva proportionel mot den i cylindern insläppta gasmängden. För att bekräfta denna förmodan skola vi använda den apparat till höger på taflan, hvars ändamål ännu icke blifvit omtaladt, 00 är ett graderadt glasrör, ofvantill slutet medelst kranen r, och hvars nedre ända räcker ned i vattenkärlet B; dd är ett rör, som innehåller chlorcalcium för att torka den genomgående gasen. Röret 00 är i början fyldt ända upp till kranen r med vatten, hvilket derefter undanränges af oljbildande gas, som införes i bubblor nedifrån. Denna gas insläppes vidare genom kranen r i profcylindern. och allteftersom detta sker, stiger vattnet åter i 00. Hvarje grad på detta rör motsvarar J- kubiktum, "och detta blir alltså enheten för de gasmängder, som skola användas.•185

Huru stort tryck motsvarar en dylik enhet? Profcylinderns hela inre rymd är 220 kub. tum; en dylik gas-enhet är alltså 11000 gånger mindre, och eftersom dess spänstighet eller tryck minskas i samma mån, som dess volym ökas, finna vi alltså, att den först insläppta gasen kommer att befinna sig vid TTJ55 at-mosfers tryck. Och likväl gör den verkan, som vi nu skola få se, ja mer än dubbelt så stor, som en hel atmosfer luft; följande tabells ziffror hafva samma betydelse som den föregåendes, med undantag af att enheterna för trycket äro de nu uppgifna; af de båda zifferkolumnerna för absorptionen angifver den förra den verkligen observerade, den andra den, som beräknas under förutsättning, att absorptionen är proportionel mot gasmängden.

Tabell N:o 2.

Oljbildande Gas.

Absorption

Tryck

(Enhet = ITJ5B atmosfer) Observerad Beräknad

1............ 2,2........ 2.2

2............ 4,5........ 4,4

3............ 6,6........ 6s

4............ 8,s........ 8,8

5............11,0........ll,o

6............12.o........13,2

7............14,8........15.4

8............16,8........17,6

9............19,8........19,8

1 0............22,o........22,0

11 .... 24,0 24,2

12 .... 25,4 26,4

13 .... 29.0 .... 28 6

14 .... 30,2 30,8

15 .... 33,5 .... 33,0.

Som man af tabellen ser, var vår förmodan riktig, absorptionen är verkligen proportionel mot gasmängden, då denna sednare är ytterst liten.

Men så utomordentlig den oljbildande gasens absorptionsförmåga än är, öfverträffas den dock af vissa ångors, enligt hvad jag nu skall visa. Här är en glasflaska G (bild 86), försedd med ett messingslock, hvari en lufttätt tillslutande krän är fästad; litet svafvel-ether är inhälld i flaskan, och luften bortskaffad derur. Jag fäster nu denna flaska vid profcylin-dern, som förut blifvit gjord lufttom, öppnar försigtigt kranen och låter etherånga inströmma, tills den erhållit i atmosfers spänstighet, hvilket naturligtvis

Bild 86.•186

kan afläsas på den med luftpumpen förbundna qvicksilfverprof-varen. Galvanometernålen, som före kranens öppnande stått på 0°, kommer dervid i rörelse. Derefter insläppes en ny qvantitet ånga af samma belopp, och absorptionen uppmätes åter. Resultaten af fyra dylika operationer innehållas i följande tabell, i hvilken för jemförelses skull de motsvarande talen för oljbil-dande gas äro införda ur N:o 1.

Tabell N:o 3.

Svafvcl-ether-ånga.

Tryck Absorption Den oljbildande gasens

(Enhet = atmosfer) motsvarande absorption

1...........214........... 90

2 .... 282 123

3...........315...........142

4 .... 330 .... 157.

För här ifrågavarande tryck är alltså ether-ångans verkan mer än dubbelt så stor som den oljbildande gasens.

Någon proportionalitet mellan ångans mängd och absorptionsförmåga eger, af lätt insedt skäl, här alls icke rum; för att få se någon sådan, måste vi naturligtvis göra de i cylindern insläppta ångqvantiteterna vida mindre än de här använda. Till sådant ändamål tjenar inrättningen MK (se titeltaflan) midt under profcylindern. K är just

samma flaska, som synes i bild 86; genom den nedre af kranarne c insläppes en del etherånga först i det, förut noggrannt uppmätta rummet M; derefter tillslutes denna krän, och genom den öfre insläppes ytterligare en del af den i M befintliga ångan i cylindern. Denna metod gör det möjligt att arbeta med utomordentligt små qvantiteter; i sjelfva verket är ock i följande tabell, som är närmast jemförlig med N:o 2, tryckenheten endast en femtedel af den der använda.

Tabell N:o 4.

Svafvel-ether-ånga. Tryck Absorption

(Enhet = atmosfer) Observerad Beräknad ' Dilferens

1........... 5,0...... 5,o.....

2...........10,3......10,0.....-0,3

4...........19.2......20.o.....+0,8

5 .... 24,5 ...... 25,0 0,5

6 .... 29,5 ...... 30,o..... 0,5•187

Tryck Absorption

(Enhet = ssJso atmosfer) Observerad Beräknad Differens

7 .... 34,5 ...... 35,o..... 0,5

8...........38,o......40,o..... 2,0

9 .... 44,0 ...... 45,0 ..... l,o

10 .... 46,2 ...... 50,o..... 3,8

1 1...........50,o......55,0..... 5,0

12 .... 52,8 ...... 60,o..... 7,2

13 .... 55,0 ...... 65,o.....10,o

14 .... 57.2 ...... 70,o.....12,8

1 5...........59,4......75,0.....15,6

Som man ser, eger åtminstone i det närmaste proportionalitet rum i början; mot slutet blifva deremot afvikelserna allt större.

En absorberande gas eller ånga förlorar alltså icke denna sin egenskap derigenom, att den förtunnas, d. v. s. att mellanrummen mellan dess molekuler ökas; den dörr, som härigenom öppnas för värmevågorna, är ändock ej stor nog att framsläppa dem. Denna egenskap att kunna förstöra etherrörelse måste följaktligen vara grundad i sjelfva dessa glest spridda moleku-lers innersta natur. Emedlertid eger här lika litet som eljest någon tillintetgörelse rum, utan blott en förvandling eller öfverflyttning af -rörelse; för hvarje vågslag, som beröfvas värmestrålen, uppträder ett eqvivalent rörelsebelopp lios den absorberande gasen; dess temperatur höjes, och dess molekuler blifva i sin ordning strålningscentra.

Gäller då här, i afseende på gasmolekulerna, samma lag, som vi förut (sid. 162) funnit i fråga om fasta kroppar, nemligen att förmåga att upptaga rörelse från ethern åtföljes af eu motsvarande att meddela rörelse deråt; eller m. a. o. att i samma mån, som en kropp lätt absorberar värme, har den ock lätt för att utstråla sådant? För undersökning af gasernas förmåga i sistnämnda hänseende skola vi begagna oss af följande apparat. P (bild 87) är den termo-elektriska stapeln med sina två reflektorer, S en dubbel skärm af poleradt tenn. A en Argandsk brännare, bestående af två koncentriska genomborrade ringar; C är en het, men dock ej glödande kopparkula, och röret tt' leder till en gashållare, fylld med den gas, som skall undersökas. Till en början afstänges denna sednare,

och kulan får endast uppvärma den omgifvande luften; denna uppstiger i en varm ström och inverkar i någon mån på stapeln. För att neutralisera dess inflytande ställes en stor Leslies kub X, fylld med vatten, hvars temperatur endast några få grader öfverstiger luftens, på andra sidan om instrumentet. Sedan nålen sålunda•188

inställts på CP, framsläppes gasen genom brännarens öppningar; clen uppvärmes genom beröringen med kulan C, strömmar uppåt och sänder sina värmestrålar i den rigtning, pilarne utvisa.

Dervid gör galvanometernålen ett större eller mindre utslag, beroende af gasens utstrålningsförmåga — dock icke något märkbart, såvida denne är vare sig syre, väte eller qväfve; deras förmåga att meddela rörelse är lika försvinnande liten, som deras förmåga att upptaga sådan. Men att äfven i andra fall dessa egenskaper gå hand i hand, synes af följande fyra exempel :

Gaser Utstrålning Absorption

Koloxid.........12°........18°

Kolsyra.........18°........25°

Qväfoxidul.......29°........44°

Oljbildande gas.....53°........61°

Den första kolumnens ziffror angifva här de utslag, som galvanometernålen gör för enhvar af de anförda gaserna i det sednast beskrifna försöket; den andra kolumnens de utslag, som

Bild 87.•189

dessa gaser, införda i profcylindern af ofvan omtalade apparat, vid ett tryck af > atmosfer genom absorption frambringa.

Jag återvänder nu till liufvudfrågan och meddelar Er här en fullständig öfversigt af de särskilda gasernas relativa absorptionsförmåga rid en hel at mosfers tryck. De anförda resultaten hafva erhållits med en apparat, som från den förut beskrifna och på titeltaflan framställda skiljer sig endast i tvenne hänseenden. Den ena olikheten är, att till värmekälla ej användes en kub med kokande vatten, utan en låga från en Bunsens brännare (sid. 33), hvilken upphettar sjelfva väggen af förmaket; den andra, att profcylindern ej är af messing, hvilket ämne angripes af åtskilliga bland de nedannämnda gaserna, utan af glas, samt något kortare än den förra, nemligen vid pass två och en half fot; denna sistnämnda omständighet vållar naturligtvis, att olikheterna mellan luften och de starkt absorberande gaserna ej blifva desamma som i förra fallet.

Tabell N:o 5.

Gaser Absorption

vid en atmosfers tryck.

Luft, Syre, Väte, Qväfve.......... 1

Chlor..................... 39

Clüorväte.................. 62

Koloxid................... 90

Kolsyra................... 90

Qväfoxidul 355

Yätesvafla.................. 390

Sumpgas................... 403

Svafvelsyrligliet............. 710

Oljbildaiide gas.............. 970

Ammoniak. ....1195.

Bland de här anförda gaserna vill jag endast fästa uppmärksamheten vid den sista och dess tillhörande höga ziffra. Ammoniak — lika genomskinlig som den luft, vi andas — är så fullständigt ogenomtränglig för värmet från den här använda källan, att om man tillochmed ställer en metallskärm mellan den dermed fyllda profcylindern och stapeln, detta knappast förorsakar någon vidare rörelse hos galvanometernålen; ett tre fot tjockt lager af denna gas är så "svart" för värmet, som om cylindern vore fylld med bläck, tjära eller något dylikt ämne.

Att genom försök bestämma den absorption, som luft, syre, väte och qväfve utöfva vid lägre tryck än en atmosfers, är naturligtvis otänkbart. Men kunde man utföra en sådan bestämning, skulle olikheten mellan dessa gaser och de öfriga framträda ännu vida starkare. Ty vi veta ju, att i fråga om kraftigt•190

absorberande gaser de qvantiteter, som först inträda i profcy-lindern, utöfva ojemförligt större verkan än de sednare införda. Om vi således jemförde de ofvannämnda gaserna icke vid en bel, utan vid blott en trettiondedels atmosfers tryck, skulle tvifvelsutan olikheterna dem emellan befinnas betydligt förökade. Vi hafva redan sett, att när absorptionen är mycket ringa, är dess belopp proportionel mot den absorberande gasens tryck; vi vilja antaga — hvad som äfven tvifvelsutan är fallet — att denna lag gäller för luften och dess tre samslägtingar; att deras absorption vid atmosfers tryck är blott af hvad den är vid en hel. Sålunda erhålles följande öfversigt, i hvilken naturligtvis alla de öfriga gasernas absorption vid ifrågavarande låga tryck blifvit bestämd genom direkt observation.

Tabell N:o 6.

Gaser Absorption

vid J5 atmosfers tryck.

Luft, Syre, Väte, Qväfve.......... 1

Ohlor.................... 60

Brom.................... 160

Koloxid.................. 750

Kolsyra.................. 972

Bromväte.................1005

Qväfoxid..................1590

Qväfoxidul.................1860

Vätesvafla.................2100

Ammoniak................ 5460

Oljbildande gas............... 6030

Svavelsyrlighet.............. 6480.

Hvilka utomordentliga olikheter! För hvarje värmestråle *), som upptages af luft, upptager ammoniak 5-460, oljbildande gas 6030, och svavelsyrlighet 6480. Och här behöfva vi, väl till märkandes, alls icke sysselsätta oss med några undersökningar eller betraktelser beträffande kohesionens inflytande på resultaten. I fasta och flytande kroppar äro molekulerna mer eller mindre bundna vid hvarandra; olikheten i absorptionsförmåga mellan t. ex. alun och bergsalt kan alltför väl bero — hel och hållen eller till en del — på arten af deras aggregat-tillstånd, på det sätt hvarpå kristallisations-kraften uppfört deras mole-kularbyggnad. Men olikheten mellan luft och oljbildande gas kan omöjligen förklaras på något dylikt sätt; här är hvarje molekul en fri individ, och olikheterna gaserna emellan angifver alltså en för sjelfva dessa molekuler karakteristisk egenskap.

*) Ordet är här naturligtvis användt endast i qvantitativ betydelse.•191

Våra här ifrågavarande forskningar tränga således in i frågan om atom-konstitutionen till ett djup, som vi beträffande fasta och flytande kroppar ännu åtminstone aldrig uppnått.

Med sådana resultat som dessa för våra ögon kunna vi knappt underlåta försöket att göra sjelfva molekulerna synbara för oss, att med förståndets öga urskilja de verkliga fysikaliska egenskaper, på hvilka så utomordentliga skiljaktigheter ytterst bero. Dessa molekuler äro delar af materien, som sväfva i ett elastiskt medium, mottaga dess rörelse och meddela sin egen deråt. Är väl den förhoppning alltför djerf, att vi just i det strålande värmet skola erhålla ett medel att utransaka deras egentliga väsende, att vi af deras inverkan på detta skola kunna sluta till deras egen verkliga beskaffenhet?

Hafva vi i sjelfva verket icke redan nu en skymt af ett samband mellan absorptionen och atom-konstitutionen? Vi erinra oss våra undersökningar af guld, silfver och koppar, huru svagt dessa ämnen både absorberade och utstrålade. Vi uppvärmde dem medelst kokande vatten, d. v. s. vi meddelade genom beröring med den heta vätskan rörelse åt deras atomer; men denna rörelse meddelades endast med yttersta långsamhet af atomerna åt den ether, hvari de vibrerade. Men öfverflyttades denna atomrörelse genom omedelbar beröring först till ett öfverdrag af fernissa, kalk, lampsot, flanell eller sammet, så meddelade dessa kroppar med stor lätthet rörelsen åt ethern.

I hvilket afseende skilja sig då dessa starkt utstrålande ämnen från metallerna? I ett högst vigtigt: metallerna äro enlcla kroppar, element; de andra äro sammansatta. I de förra vibrerar hvarje atom ensam för sig; i de sednare vibrera de, förenade till grupper. Och nu finna vi hos kroppar, i yttre egenskaper så olika metallerna som möjligt, samma märkvärdiga förhållande: syre, väte, qväfve och luft äro också element eller blandningar af element, och både i fråga om utstrålning och absorption är deras underlägsenhet alldeles afgjord. Deras atomer dallra i ethern nästan utan den ringaste förlust af lefvande kraft.

Man kan ej annat än öfverraskas af den plats, som chlor och brom intaga i den sista tabellen. Chlor är en ytterst tät och färgad gas, brom en ännu starkare färgad ånga; och likväl finna vi dem i afseende på diatermansi öfverlägsna samtliga de i tabellen anförda genomskinliga sammansatta gaserna. Då hvardera af dem förenar sig med väte, uppkommer en genomskinlig sammansättning, men denna kemiska process, som ökar deras genomtränglighet för ljuset, minskar den för värmet; chlorvätet•192

absorberar starkare än den enkla chloren, och bromvätet mer än bromen.

Ilär är vidare en del af denna sistnämnda enkla kropp i flytande tillstånd; den svartröda vätskan är innesluten i en platt glascell och så ogenomskinlig, att man ej kan se en lampas ljus derigenom. Men ställ på ena sidan ett brinnande ljus eller en varm kopparkula, och på den andra den termo-elektriska stapeln med sin svärtade yta vänd ditåt — och galvanometernålen gör genast ett häftigt utslag. Det värme, som förorsakar detta, är naturligtvis af det mörka slaget, ty för ljusstrålarne finnes här ingen möjlighet att slippa fram. Det är, tyckes mig, omöjligt att tillsluta sina ögon för alla dessa sammanstämmande vittnesbörd om, att de fria atomerna dallra utan motstånd i ethern, men att de, såsnart de förenat sig till oscillerande system, komma dess vågor att bryta sig och svälla högre, samt att de följaktligen träda till den och dess rörelse i ett helt annat förhållande, än då de befunno sig i det förstnämnda tillståndet,

Men det lärer väl å andra sidan ej undgå Er uppmärksamhet, att lampsot, som också är en enkel kropp, är en af de bäst absorberande och utstrålande ämnen i hela naturen. Låtom oss undersöka detta förhållande närmare! Vanligt lampsot är i sjelfva verket ingalunda ett rent element ; det innehåller inblandade i sig åtskilliga kolväte-föreningar, och dessa äro ensamma för sig starkt absorberande. Men jag har aflägsnat dem genom att leda en ström af chlorgas öfver rödglödande sot, och ämnet har likväl bibehållit sin absorptionsförmåga. Förhållandet torde emedlertid kunna förklaras. Sotet är, enligt hvad kemien lärer oss, en allotropisk form af det rena kristalliserade kolet, diamanten; allotropien, d. v. s. tillvaron af olika egenskaper hos samma enkla ämne, måste tvifvelsutan bero på en olika gruppering af detsammas atomer; det är ju då ganska rimligt, att denna förändring i atomernas lagring, som vållar en så betydlig skiljaktighet i yttre egenskaper som den mellan diamant och sot,

också kan hafva till följd, att den enkla kroppen inverkar på värmestrålningen just så, som vore den sammansatt, Exemplet är ej ensamt i sitt slag; vi skola i nästa kapitel lära känna en i samma afseende utmärkt, allotropisk form af vår eljest så neutrala syrgas.

För öfrigt absorberar sot ej så fullständigt, som Ni kanske förmodar. Jag behöfver här endast erinra om ett för ej längesedan an ställdt försök (sid. 173), der de mörka värmestrålarne fr ån den elektriska lampan gingo ganska lätt igenom en ytterst starkt sotad saltskifva. Men äfven för värme från källor af•193

vida lägre temperatur är ämnet genomträngligt; ställes en kub med kokande vatten på ena sidan om en dylik saltskifva, och den termo-elektriska stapeln på den andra, kan det lätt visas, att ända till 38 procent af det strålande värmet går igenom sotlagret.

Jag omnämner här endast i förbigående ännu ett, och tvifvelsutan det yppersta, exempel på en enkel kropp, fullkomligt ogenomskinlig och nästan lika fullkomligt diaterman för mörkt värme, nemligen jocl, löst i kolsvafla — med hvilket vi i det följande skola komma att mycket sysselsätta oss — och återvänder derefter till vår hufvudfråga, för att här tillsist meddela Er en öfversigt af ångors absorption, analog med den i Tab. N:o 6 för gaser lemnade. Det förfaringssätt, hvarigenom de här nedan anförda värdena erhållits, är i hufvudsak detsamma, som här ofvan (sid. 185) beskrifvits i fråga om svafvel-ether-ånga; de vätskor, hvilkas ångor skolat undersökas, hafva införts i sådana flaskor, soin bild 86 visar; ur flaskan har all luft bortskaffats, och densamma sedermera förbundits med prof-cylindern. Såväl denna sistnämnda, som värmekällan hafva varit de å sid. 189 omtalade.

Tabell N:o 7.

Absorption vid

Angör sèü s-„ 5'ö atmosfers tryck

Kolsvafla.......... 15 . . . 47 . . . 62

Methyljodid......... 35 . . . 147 . . . 242

Benzol............ 66 . . . 182 . . . 267

Clilorofonn......... 85 . . . 182 . . . 236

Methyl-alkohol....... 109 ... 390 .. . 590

Amylen........... 182 ... 535 .. . 823

Svafvel-etlier........ 300 ... 710 . . 870

Alkohol........... 325 ... 622 . .

Myrsyre-ether....... 480 ... 870 .. . 1075

Attik-ether......... 590 ... 980 .. . 1195

Propionsyrad ethyloxid . . 596 . . . 970 . . . Borsyre-ether........ 620 .

De anförda talen hänföra sig till en hel atmosfer torr lufts absorption såsom enhet; kolsvafle-ånga vid 5J5 så stort tryck absorberar alltså 15 gånger, och ånga af borsyre-ether under samma förhållanden 620 gånger starkare. Jemför man luft och borsyre-ether-ånga vid ett tryck af atmosfer, är den sednares absorption sannolikt mer än 180,000 gånger större än den förres.

Det är för öfrigt mycket lätt att endast ådagalägga ångornas varme-absorption; ett öppet rör är tillräckligt för ändamålet,

Tyndall, Värmet. -i q•194

om qvantitativa bestämningar ej åsyftas. Ja, tillochmed röret kan undvaras, och ångan utsläppas genom en springa i fria luften mellan värmekällan och stapeln. Några få, på detta enkla sätt erhållna resultat äro tillräckliga att förtydliga metoden. Två kuber med kokande vatten användes, och galvanometernålen inställdes först som

vanligt på 0°. Derefter utpressades ton-luft ur en kautschuk-säck (en vanlig blåsbälg kan ock användas för ändamålet) genom ett U-formadt rör, fyldt med glasskärfvor, som fuktats med den vätska, hvars ånga skulle undersökas. Den med ånga blandade luften utströmmade derpå fritt framför den termo-elektriska stapeln, och den yttersta gränsen för gal-vanometernålens utslag observerades. Resultaten blefvo följande:

Angör Galvanometerutslag

Svafvel-ether................118°

Myrsyre-ether................117°

Ättik-ether................. 92°

Amylen......................................91°

Kolsvafla................... 61°

Valerian-ether..............................32°

Benzol.......................................31°

Alkohol.....................................31°.

Den ifrågavarande vätskans större eller mindre flyktighet gör sig här gällande, ty effekten beror naturligtvis på mängden af den ånga, som luften upptagit under passagen genom röret. Sålunda blir t. ex. verkan af kolsvafla här större än den af alkohol, oaktadt den förra vätskans ånga är ojemförligt mera diaterman än den sednares.

Bild 88.

Bihang till kap, X.

Melloni har i "La Thermochrose" s. 59 meddelat följande metod att evaluera en galvanometers grader.

Två små kärl V V (bild 88) äro till hälften fyllda med qvicksilfver och förbundna medelst två trådar med galvanometerns klämskrufvar GG'. Dessa kärl och trådar förorsaka ingen förändring af instrumentets verkan; den termo-elektriska strömmen går som förut obehindradt genom trådarne PP från stapeln till galvanometern. Men om en förbindelse uppupprättas medelst en tråd F mellan de båda kärlen, så går en del af strömmen195

genom denna tråd och återvänder till stapeln; styrkan af den ström, som genomgår galvanometern, blir således förminskad och dermed äfven nålens utslag.

Antag, att vi på detta sätt reducera utslaget till J eller i; eller in. a. o., att nålen, som stått på 10° eller 12° under inflytandet af en konstant värmekälla, placerad på ett visst afstånd från stapeln, faller till 2° eller 3°, när en del af strömmen afledes genom den yttre tråden F. Vi ändra då steg för steg källans afstånd från stapeln, afläsa för hvarje gång såväl det totala, som det reducerade utslaget, och hafva dermed alla uppgifter, som erfordras för vårt ändamål.

För att göra förklaringen tydligare, skall jag på samma gång genomgå ett exempel på förfaringssättet.

Den yttre ledningen F afbrytes, och värmekällan sättes på ett sådant afstånd, att utslaget blir 5°; insattes derpå tråden F mellan kärlen VV, faller nålen till 1,5°. Ledningen F afbrytes åter, och källan flyttas steg för steg närmare stapeln, så att de successiva utslagen blifva

5°; 10°; 15°; 20°; 25°; 30°; 35°; 40°; 45°.

För hvarje gäng insättes åter tråden F, och de motsvarande reducerade utslagen blifva

1,5°; 3°; 4,6°; 6,3°; 8,4°; 11,2°; 15,3°; 22,4°; 29.7°.

Vi antaga nu till enhet den kraft, som kommer nålen att beskrifva enhvar af de fem första galvanometergraderna. Den första strömmens totala styrka är alltså 5, den reducerade 1,5: emedan hvarje ströms reducerade styrka a måste utgöra en viss bråkdel af eller vara proportionel mot dess motsvarande totala x, blir

1,5 : 5 = a: x, alltså x = -g- a.

Sålunda erhåller man värdena

5; 10; 15,3; 21; 28; 37,3 på de krafter, hvilka motsvara utslagen

5°; 10°; 15°; 20°; 25°; 30°.

I detta instrument äro således krafterna i det närmaste propor-tionela mot bågarne, ända till nära 15°; derbortom upphör proportio-lialiteten, och afvikelsen ökas, ju större bågarne blifva.

De krafter, som motsvara de mellanliggande gradtalen, kunna lätt bestämmas, vare sig genom räkning eller genom grafisk konstruktion, hvilken sednare lemnar tillräcklig noggrannhet. Sålunda finner man

Utslag: 12°; 13°; 14°; 15°; 16°; 17°; 18°; 19°; 20°;

Krafter: 12; 13,1: 14,2; 15,3: 16,4; 17,5; 18,6; 19,8; 21;

Differenser: 1,1; 1,1; 1,1; 1,1; 1,1; 1,1; 1,2; 1,2; 1,2.

Utslag: 21°; 22°; 23°; 24°; 25°; 26°; 27°; 28°; 29°; 30°.

Krafter: 22,2; 23,5; 24,9; 26,4; 28; 29,7; 31,5; 33,4: 35,3; 37,3.

Differenser: 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 1,9; 2.

Graderna under 12° äro här ej upptagna, emedan de motsvarande krafterna omedelbart angifvas af utslagen.

För att beräkna den mot 35° svarande kraften gå vi sålunda till väga. Det reducerade utslaget är 15,3°; vi skola först beräkna dess motsvarande strömstyrka a.

13*•196

15° motsvarar kraften 15,3

0,2° _„ 0,2 1,1 0,22

Alltså 15,2° ~ ~ 15,52.

10 155,2

Ar nu a = 15,52, så blir x = -g- « = —g— eller approximativt 51,7, hvilket kraftbelopp alltså motsvarar 35°.

På samma sätt finner man, att mot utslagen 40° och 45°

svara, respektive, krafterna

80,3 och 122,3.

Den ifrågavarande galvanometerns känslighet minskas alltså hastigt, när utslagen öfverstiga 30°.

KAP. XI.

Välluktande ämnens inflytelse på strålande värme. — Ozon. — pasers och ångors dynamiska utstrålning och absorption. — Vattenångans absorptionsförmåga. — Värmestrålning genom jordens atmosfer. — Tillämpning på meteorologien.

Starkt luktande ämnen hafva sedan gammalt brukat användas som exempel på "materiens delbarhet". Ingen kemist har ännu förmått väga en blommas doft, men i det strålande värmet ega vi ett medel för undersökning, känsligare än kemistens våg. Efter hvad jag omtalat i det förra kapitlet, lärer det ej öfverraska Er att höra, att den qvantitet flyktig materia, som en person i ett enda andedrag tager bort ur en flaska med hjorthornsalt, utöfvar på strålande värme ett kraftigare inflytande än all den syrgas och qväfgas tillsammans, som finnes i hela detta rum.

Vi kunna anställa våra undersökningar af de luktande ämnena på ett mycket enkelt sätt medelst den i föregående kapitel beskrifna apparaten. Ett antal små fyrkantiga stycken af filtrerpapper äro hoprullade till form af två tum

långa cylindrar, och hvarje sådan indoppas derefter med sin ena ända i en aromatisk olja, som uppsuges af hårrörskraften och fuktar hela rullen. Denna inlägges sedan i ett glasrör, som den fyller helt och hållet utan att likväl pressas, och detta rör insattes mellan tork- •196

15° motsvarar kraften 15,3

0,2° _„ 0,2 1,1 0,22

Alltså 15,2° ~ ~ 15,52.

10 155,2

Ar nu a = 15,52, så blir x = -g- « = —g— eller approximativt 51,7, hvilket kraftbelopp alltså motsvarar 35°.

På samma sätt finner man, att mot utslagen 40° och 45°

svara, respektive, krafterna

80,3 och 122,3.

Den ifrågavarande galvanometerns känslighet minskas alltså hastigt, när utslagen öfverstiga 30°.

KAP. XI.

Välluktande ämnens inflytelse på strålande värme. — Ozon. — pasers och ångors dynamiska utstrålning och absorption. — Vattenångans absorptionsförmåga. — Värmestrålning genom jordens atmosfer. — Tillämpning på meteorologien.

Starkt luktande ämnen hafva sedan gammalt brukat användas som exempel på "materiens delbarhet". Ingen kemist har ännu förmått väga en blommas doft, men i det strålande värmet ega vi ett medel för undersökning, känsligare än kemistens våg. Efter hvad jag omtalat i det förra kapitlet, lärer det ej öfverraska Er att höra, att den qvantitet flyktig materia, som en person i ett enda andedrag tager bort ur en flaska med hjorthornsalt, utöfvar på strålande värme ett kraftigare inflytande än all den syrgas och qväfgas tillsammans, som finnes i hela detta rum.

Vi kunna anställa våra undersökningar af de luktande ämnena på ett mycket enkelt sätt medelst den i föregående kapitel beskrifna apparaten. Ett antal små fyrkantiga stycken af filtrerpapper äro hoprullade till form af två tum långa cylindrar, och hvarje sådan indoppas derefter med sin ena ända i en aromatisk olja, som uppsuges af hårrörskraften och fuktar hela rullen. Denna inlägges sedan i ett glasrör, som den fyller helt och hållet utan att likväl pressas, och detta rör insattes mellan tork-•197

apparaten och profcylindern. Sedan denna sistnämnda utpumpats, och nålen blifvit inställd på 0°, öppnas en krän, och torr luft får sakta draga fram genom det fuktade papperets veck. Härvid upptager den vällukten och för den in i profcylindern, hvarvid nålen gör ett utslag, som afläses.

På detta sätt hafva de i följande tabell anförda resultaten erhållits; de hänföra sig som vanligt till en hel atmosfer ton-lufts absorption såsom enhet.

Vällukter	Absorption
Patchouli.....................................	30
Sandelträd...................................	32
Geraninm.....................................	33
Nejlike-olja.................................	34
Rosen-olja...................................	37
Bergamott....................................	44
Neroli..	47
Lavendel.....................................	60

Citron-olja....................................65

Timjan.......................................68

Rosmarin.....................................74

Chamomill...................................87

Cassia....................109

Nardus...................355

Anis.....................372

Det vore alldeles ändamålslöst att söka utgrunda beloppet af de qvantiteter materia, som här äro med i spelet. Troligen skulle man nödgas multiplicera ifrågavarande gasers tryck med millioner för att bringa den upp till en hel atmosfer. Och likväl öfverträffar deras absorptionsförmåga ända till flere hundra gånger luftens. Den milda sommarflägt, "som andas på en rosengård", absorberar på grund af sin dervid upptagna obetydliga halt af vällukt kanske mer af jordens värme-utstrålning, än bela det atmosferiska lagret mellan marken och skyarne.

I sammanhang med dessa undersökningar af flyktiga oljor har jag äfven anställt sådana på aromatiska örter. Åtskilliga sådana hemfördes från Covent-Garden-Market; de voro torra och förvissnade, men sannolikt fanns deri ändock tillräcklig vattenhalt för att göra de nedan anförda resultaten mindre tillförlitliga. Emedlertid inlades örternas aromatiska delar i glasrör af halfannan fots längd och J tums diameter, hvarigenom en ström af torr luft leddes under några minuter. Hvarje rör förbands derefter med profcylindern, och undersökningen verkställdes på samma sätt som den nyss förut omtalade. På detta sätt befanns det, att•198

Timjan utöfvade en 33 gånger

Peppar mynta „ „ 34 „

Lavendel „ „ 3'2 „

Malört „ „ 41

Kanel „ „ 53 „

så kraftig verkan som luft.

Det gifves ett annat ämne af största intresse för kemisten, på hvilket vi kunna tillämpa det prof, som här är i fråga — jag menar ozon, denna allotropiska modifikation af den vanliga syrgasen. Bland de olika sätt, hvarpå den bildas, vill jag här endast påpeka följande. Nedföres från hvardera polen af en elektrisk stapel en platinatråd i ett vattenkärl, så utvecklas syrgas vid den positiva polen h (bild 89), och väte vid den negativa n; hvardera gasen kan uppsamlas i en särskild glasklocka O och H, hvilka ställas fyllda med vatten, samt upp-och ned-vända öfver polerna. Men den på detta sätt erhållna syrgasen innehåller i allmänhet ozon, och enligt min erfarenhet är dennas mängd beroende af storleken af de platinaskifvor, med hvilka man låter poltrådarne vid li och n sluta.

Yid mitt första försök i denna väg använde jag ganska stora skifvor, för att så mycket som möjligt minska ledningsmotståndet mot den elektriska strömmen. Den syrgas, som dervid erhölls, visade knappast det ringaste spår af ozon; den färgade knappast jodkalium-klister *) och var nästan utan all verkan på strålande värme. En annan apparat med mindre skifvor användes derefter, och då blef både den kemiska och den fysiska reaktionen vida starkare. Då det ej var möjligt att tillskrifva denna olikhet någon annan orsak än den nämnda, anställde jag en utförligare undersökning med fem särskilda apparater. I den första hade hvardera skifvan ungefär 4 qvadrattums

*) Detta är ett prof, som i allmänhet användes för att uppvisa ozons närvaro. Stärkelse-klister försättes med jodkalium och strykes på pappersremsor. Ozonen förmår, hvad det vanliga syret ej mäktar, undantränga joden ur föreningen med kalium och intaga dess plats. Den frigjorda joden färgar dervid genast stärkelsen blå.

Ö. A.

Bild 89.•199

area, i den andra och tredje 2 och 1, respektive; i den fjerde voro de ännu mindre, och i den femte minst. Då i hvarje fall den i 0 uppsamlade gasen infördes i profcylindern och på vanligt sätt undersöktes, blefvo absorptions-beloppen, uttryckta i samma enhet som härofvan, respektive:

20, 34, 47, 65 och 85.

Det är också bekant, att värme förstör ozon, och då jag förmodade, att värme utvecklades i den sist använda apparaten med de minsta skifvorna, omgaf jag densamma med en blandning af is och salt. Härigenom bragtes absorptionen upp från 85 till 136 enheter*).

De qvantiteter ozon, som vid dessa försök utöfvade inflytande, äro alldeles omätbara genom andra medel. I sjelfva verket är ämnets absorberande verkan så betydlig, att det i detta hänsende kan ställas vid sidan af oljbildande gas och borsyre-ether-ånga; ja, det öfverträffar sannolikt, vid samma mängd, både den ena och den andra. Ingen enkel gas, som jag undersökt, förhåller sig alls jemförligt med denna; vid sina dallringar i ethern måste den inverka kraftigt på detta medium. Ar den verkligen syre, så måste den bestå af syrgas-atomer, förenade i grupper — och detta är äfven min åsigt derom; då värmet förstör ozonen, upplöser det sannolikt dessa föreningsband och låter atomerna vibrera hvar för sig, men beröfvar dem på samma gång denna märkvärdiga förmåga att såväl upptaga som utsända etherrörelse, hvilken de under sin förening till grupper i så hög grad egde.

Jag skall nu redogöra för en klass af företeelser, hvilka vid sitt första framträdande väckte min synnerliga förvåning. A id ett visst tillfälle var profcylindern fylld med alkohol-ånga af Jjj atmosfers tryck, hvilken frambragte ett utslag af 72°. Under det nålen ännu visade på denna höga ziffra, lät jag torr luft inströmma i cylindern och kom dervid af en händelse att kasta ögat på galvanometern. Till min förvåning sjönk nålen genast ned till 0° och gick derefter upp till 25° på den motsatta sidan; den torra luftens inträdande hade således ej allenast upphäft den förra absorptionen, utan ock låtit vågskålen sjunka till förmån för den mot värmekällan vända sidan af stapeln. Jag upprepade försöket; nålen gick ned från 70° till 0°, och derefter till 38° på motsatt sida. Jag insläppte i cylindern ånga af svafvel-ether, som åstadkom 30 graders utslag, samt

*) Dessa resultat öfverensstämma fullkomligt med dem, som på helt annan väg erhållits af de la Eive och Meidinger.•200

derefter torr luft; nålen föll och gick derefter 60° upp på andra sidan.

Min första tanke vid denna öfverraskande anblick var, att ångorna kondenserat sig på saltskifvorna och bildat atermana öfverdrag derpå, samt att den torra luften vid sitt inträde bortsopat dessa vätskehinnor och sålunda öppnat fri väg för värme-strålningen. Ett ögonblicks eftertanke visade emedlertid orimligheten af denna hypotes. För det första afsatte ångan, enligt hvad den noggrannaste undersökning visade, icke det ringaste spår till dylikt öfverdrag på skifvorna; för det andra skulle, äfven om detta varit fallet, den inströmmande luften bestämdt icke kunnat göra mer än återställt det jemnvigtstillstånd, som före ångans inträde i profcylindern var rådande; den kunde på sin höjd hafva bragt nålen ned till 0°, men omöjligen åstadkommit något utslag åt motsatt håll.

Vi hafva redan för längesedan lärt känna den värme-ut-veckling, som uppkommer, då luft får inströmma i ett tomrum; den uppvärmes då genom sin stöt mot recipientens väggar. Kan det väl nu vara möjligt, att det värme, som sålunda utvecklas vid luftens inträde i profcylindern, som upptages af alkohol- eller ether-ångan och af dem utstrålas mot stapeln, almer än tillräckligt att ersätta den af absorptionen förorsakade bristen? Det afgörande experimentet är lätt att anställa; går det verkligen till på detta sätt, måste vi erhålla samma effekt, om de förut använda värmekällorna tagas alldeles bort. Och härmed äro vi ledda till undersökning af det nya och vid första påseendet temligen paradoxa problemet — att bestämma en gas' eller ångas utstrålning och absorption, då ingen yttre värme-hälla förefinnes.

Låtom oss således borttaga båda två ur apparaten! Här är en profcylinder af glas, tillsluten i sin ena ända med en

skifva af samma ämne (ty genom den skall ju intet värme passera), i den andra med en af bergsalt. Framför den sistnämnda står stapeln, förbunden med sin galvanometer, hvars nål visar på 0°.

Profcylindern är nu tom; jag låter luft inströmma och fylla den. Denna luft uppvärmes naturligtvis, och hade dess atomer någon nämnvärd utstrålningsförmåga, skulle vi nog se det på galvanometernålen. Ett helt litet utslag förmärkes också der; nålen visar på 7°.

Men dessa 7° härröra i sjelfva verket icke af luftens utstrålning. Af hvad då? Jag öppnar den ena ändan af profcylindern, inlägger deri ett svart papper som ett ringformigt foder af en fots längd och upprepar försöket. Denna gång blir utslaget 70° i stället för 7. Orsaken är tydlig: papperet har•201

absorberat det genom luftens inströmning alstrade värmet och utstrålar det mot stapeln. I förra försöket var det rörets inre yta, som gjorde detsamma — ehuru i vida mindre grad, och af dess utstrålning, ej af luftens, härrörde enligt min åsigt det då erhållna lilla utslaget,

Jag borttager papperet och upprepar försöket med qväf-oxidul i stället för luft; nålen svänger nu till 31°, dermed ådagaläggande qväfoxidulens öfverlägsna strålnings-förmåga. Derpå utpumpas gasen; cylinderns inre rum afkyles sålunda, stapeln strålar sitt värme ditin, och nålen går till "20° på köldsidan.

Samma försök utföres derpå med oljbildande gas, hvars betydliga absorptions- och strålnings-förmåga vi redan lärt känna, i stället för qväfoxidul. Vid gasens inströmmande blir utslaget 63°. Apparaten får svalna, så att nålen sjunker till 0°; då gasen derefter utpumpas, blir utslaget 40° i motsatt rigtning.

Här hafva vi alltså tvifvelsutan nyckeln till gåtan, till förklaringen af de öfverraskande företeelser, som alkohol- och ether -ångan erbjödo.

För korthets skull kallar jag gasens såväl uppvärmning vid inströmningen i tomrummet, som derpå följande värme-utstrålning och slutliga absorption, då den genom utpumpning afkyles, dynamiska. Följande tabell förstås då af sig sjelf; gradtalet angifver för hvarje särskild gas den yttersta gräns, till hvilken nålen svänger vid dess inträde i profcylindern.

Rangordningen i afseende på utstrålningsförmåga mellan de nämnda gaserna är här, som man ser, alldeles densamma som förut erhållits genom en helt annan undersökningsmetod (sid. 189). Man må ej förgäta, att upptäckten af den dynamiska utstrålningen ännu är helt ny, och vilkoren för noggranna observationers anställande ännu ej utredda; säkert är emedlertid, att metoden kan bringas upp till en hög grad af noggrannhet,

Jag återvänder nu till frågan om ångorna och skall dervid lägga an på att förena två verkningar, hvilka vid första påseendet tyckas rakt motsatta. Redan förut hafva vi sett, att

Gasers dynamiska utstrålning.

Gaser

Galvanometerutslag.

'o

Lnft, Syre, Väte, Qväfve........... 7

Koloxid.....................19

Kolsyra.....................21

Qväfoxidul...................31

Oljbildande gas................63.20 2

en blank metall-yta strålar sjelf ytterst svagt, men deremot "•anska betydligt, då den betäckes med ett öfverdrag af fernissa; metallens atomer behöfva, för att kunna öfverflytta sin rörelse till verldsethern, en förmedlare och erhålla denne i öfverdragen Men man kan ock fernissa en metallisk yta med ett lager af starkt strålande gas. I den

apparat, I här sen (bild 90), kan

Bild 90.

oljbildande gas ledas från reservoiren G genom ett rör, utflöda genom en springa vid ah och utbreda sig i ett tunnt lager öfver den varma ytan af kuben C. Förrän detta sker, neutraliseras strålarnes från C verkan på stapeln P af kompensationskuben C', men såsnart gasen utströmmar ur springan ah, segrar den förres utstrålning, och detta oaktadt dess yta i sjelfva verket afkyles af den något svalare gasströmmen; nålen sätter sig i rörelse och stadnar på 45°.

Sålunda hafva vi fernissat metallen medelst en gas, men ännu märkvärdigare är, att man kan så till sägandes fernissa en gas med en annan. Jag insläpper i den tomma profcylindern först ånga af ättik-ether, hvars absorptionsförmåga är mycket stark (sid. 193), till i atmosfers tryck, och derefter, under det nålen visar på 0°, torr luft; denna sednare upphettas dynamiskt, och dess värme upptages genast af ether-ångan, som derefter utsänder det mot stapeln. Nålen går straxt upp till 70°. Vi låta ångan utgjuta allt värmet, och nålen inställa sig på nollpunkten, samt utpumpa derefter luften; nålen går nu till 43° på köldsidan. På detta sätt hafva de i följande tabell anförda värdena erhållits, och det torde ej behöfva påpekas, att ångan spelar här alldeles samma rol i förhållande till luften, som fernissan till metallen i våra förra försök.•203

Ångors dynamiska utstrålning och absorption.

Galvanometerutslag

Ångor Utstrålning Absorption

o o

1. Kolsvafla........14....... 6

2. Methyljodid......20....... 8

3. Benzol.........30.......14

4. Ethyljodid.......34.......16

5. Methyl-alkohol .... 36.......18

6. Amylchlorid......41.......23

7. Amy len.........48.......26

8. Alkohol.........50.......28

9. Svafvel-ether.....64.......34

10. Myrsyre-ether.....69.......38

11. Ättik-ether...... 70 .... 43.

Äfven här är rangordningen mellan de särskilda ångorna densamma som i tabellen N:o 7 (sid. 193) andra kolumnen, d. v. s. för samma tryck. För öfrigt gå naturligtvis äfven kär strålning och absorption hand i band.

Mer än en gång har jag påpekat för Er obetydligheten af de qvantiteter af materia, som förmå inverka på värmestrålningen, men det exempel derpå, som nu följer, öfverträffar dock alla de föregående. Ångans af borsyre-ether absorption öfverträffar alla andra hittills undersöktas; det är således att förmoda, det äfven dess dynamiska utstrålning skall göra det. Vi tömma profcylindern så fullständigt som möjligt och införa nämnda ånga till jlj atmosfers tryck. Derpå får torr luft inströmma, och den dynamiska strålningen åstadkommer utslaget 56°.

Cylindern utpumpas derefter, tills den deri återstående luften har jJ-j atmosfers tryck. En del af ether-ångan qvarstad-nar följaktligen i cylindern, men dess tryck är uppenbarligen endast af den ångas, som förut fanns der. När torr luft

åter inströmmar, frambringar likväl den dynamiska strålningen utslaget 42°.

Vi upprepa åter samma förfaringssätt tre gånger å rad, och förtunna för hvarje gång luften till T-i0 atmosfers tryck. De sålunda erhållna utslagen blifva i ordning 20°, 14°, 10°.

Nu frågas: Huru stor var ångans tryck i det sista fallet'? Följande tabell lemnar svaret derpå.•204

Borsyre-ether-ångas dynamiska utstrålning.

Tryck i delar af en atmosfer Utslag-

o

_L 56

300

J_ = ...42

150 ' 300 45,000 111 1

150 ' 150 ' 300 6,750,000

20

in JL=_i..............i4

150 ' 150 • 150 ' 300 1,012,500,000

i i i i _L =_1.............10

150 " 150 ' 150 " 150 ' 300 151,875,000,000

Sannt är det nu visserligen, att luften ensam frambringar, såsom vi sett, vid dynamisk uppvärmning ett utslag af 7°; heta det sista utslaget af 10° beror således ej ensamt af ångan. Men låtom oss lemna denna sista observation alldeles å sido och endast hålla oss till den nästföregående; det kan då ej vara något tvifvel om, att åtminstone hälften af de fjorton graderna bero af borsyre-ether-ångan — vid en spänstighet, som man måste multiplicera med en milliard för att bringa den upp till en hel atmosfer.

Vi komma härmed äfven till en annan beaktansvärd fråga. Vi hafva uppmätt den oljbildande gasens dynamiska utstrålning vid en hel atmosfers tryck. Betraktom denna varma utstrålande gaskolonns tillstånd under förloppet! Uppenbarligen måste de från stapeln mest aflägsna delarne deraf stråla genom de framför liggande, och dervid en stor del af de förras strålar absorberas af de sednare. Visst är det, att om vi gjorde ifrågavarande gaskolonn tillräckligt lång, skulle den närmast stapeln belägna delen deraf verka som en ogenomtränglig skärm för den aflägsnares strålar. Och borttoge vi då helt och hållet denna sistnämnda del, skulle verkan på stapeln följaktligen blifva nästan oförändrad.

Låtom oss jemföra en ångas dynamiska utstrålning med den nyssnämnda gasens! Denna ånga befann sig under försöket vid endast s»5 atmosfers tryck; dess molekuler måste således hafva varit betydligt mera åtskilda än gasens, och således en mycket vidare dörr här varit öppnad för de från stapeln mest aflägsna delarnes strålning. En längre prof cylinder skulle alltså tvifvelsutan här hafva ökat effekten, och tvärtom. Erfarenheten bekräftar denna slutledning.

I de här omtalade försöken var cylindern 2| fot lång, och den dynamiska utstrålningen representerades af följande utslag:•205

Oljbildande gas................63

Svafvel-ether-ånga................

Myrsyre-ether-ånga..............^

Ättik-ether-ånga..............70

Begagnas, under i öfrigt samma förhållanden, en cylinder af 2,5 tums längd, d. v. s. elfva gånger kortare än den förra, blifva resultaten

o

Oljbildande gas...............39

Svafvel-ether-ånga.............11

Myrsyre-ether-ånga.............12

Ättik-ether-änga..............1J

hvilket fullkomligt bekräftar föregående slutledning.

Allt hitintills har jag med afsigt underlåtit att behandla den vigtigaste af alla ångor — vattnets. Som I veten, förekommer densamma alltid i atmosferen, tillochmed på den klaraste dag. Man må ingalunda af himlens skönt mörkblå färg låta förleda sig att sluta till frånvaro af vattenånga i luften; tvärtom bevisar denna färg ofta nog motsatsen. Det behöfver ej nämnas, att denna ånga är fullkomligt osynlig; den är någonting helt annat än dimma, töcken och moln, hvilka bestå af flytande vatten i ytterst finfördeladt tillstånd.

För att bevisa vattenångans närvaro i den luft, som just nu omgifver oss, har detta kopparkärl, fyldt med en blandning af is och salt, blifvit för en timme sedan ställdt här på bordet. Då var dess yta svart, nu är deri alldeles hvit af rimfrost; luftens ånga har kondenserats derpå och tillfrusit. Jag kan af-skrapa detta ämne från den svarta ytan i tillräcklig mängd, för att deraf bilda en temligen försvarlig snöboll; vi kunna gå ännu ett steg längre, lägga bollen i en form och pressa den till is — och sålunda hafva vi här inom rummet eftergjort naturens gletscher-tillverkning ända från början till slutet. På kärlets glaslock har ångan ej frusit, men kondenserats så rikligt, att när locket lutas, rinner vattnet ned i stora droppar.

Den qvantitet vattenånga, som sålunda finnes i atmosferen, är högst obetydlig; nittionio och en half procent af luften utgöras af syre och qväfve; af den återstående halfva procenten består vid pass T90 af vatten, resten är kolsyra. Hade vi ej redan så många gånger sett, huru en nästan oändligt liten qvantitet af åtskilliga gaser och ångor förmår utöfva en fullt mätbar inverkan på strålande värme, så skulle vi väl misströsta om att kunna upptäcka inflytandet af denna ringa vattenmängd. Också ansåg man fordom allmänt — och jag gjorde så sjelf vid•206

början af dessa undersökningar — att ifrågavarande inflytande kunde lemnas alldeles ur räkningen; att detta var ett grundligt misstag, skall snart visa sig.

Vi vilja här använda samma apparat som förut (se titel-taflan), försedd med en profcylinder af messing och tvenne värmekällor, som verka på stapelns motsatta sidor. Upprepas först försöket med torr luft, så rör sig, vid dess inträde i cylindern, nålen knappast det ringaste; på sin höjd kan man upptäcka någon enda grads utslag, om man befinner sig alldeles invid galvanometern, och icke ens detta, om den inströmmande luften är fullkomligt ren. Vi utpumpa åter cylindern och låta vanlig luft, d. v. s. sådan som ej genomgått torkningsrören, inträda deri — nålen rör sig och stadnar slutligen på 48°. Detta gradtal angifver en absorption af 72; så många gånger absorberar alltså den i detta rums luft befintliga vattenångan starkare än luften sjelf.

Försöket är, som man ser, alls icke svårt att anställa, men måste emedlertid utföras med största försigtighet. Är torknings-apparaten i någon mån felaktig, kan man arbeta hela månader igenom utan att lyckas erhålla sådan luft, som är nästan absolut neutral i afseende på det strålande värmet; och den aldra ringaste organiska inblandning deri är tillräcklig att göra dess inverkan femtio gånger större än eljest. Nu då vi samlat betydlig erfarenhet i denna väg, äro vi bättre utrustade till dylika undersökningar, än jag sjelf var vid begynnelsen af dessa arbeten.

Det resultat, som nyss erhållits, är särskilt för meteorologien af så utomordentlig vigt, att man knappast kan nedlägga för mycken möda på att sätta det i säkerhet för möjliga invändningar. För det första kan det tänkas, att bergsaltet dragit till sig vatten ur luften och kondenserat det på sin yta; samt att det således i sjelfva verket är

inflytandet af en saltlösning — ett ganska atermant ämne (sid. 168) —- som vi här uppmätt, i stället för inflytandet af vanlig luft. Betrakten denna bergsaltskifva, som legat någon tid i yttre rummet bredvid ett vattenkärl, men likväl icke i beröring med sjelfva vätskan; den är alldeles våt. Se här en annan dylik, fullkomligt torr och blank; jag andas derpå blott ett enda tag — och genast betäckes dess yta af en fuktig hinna.

Det närmast tillhands liggande sätt att besvara detta inkast är naturligtvis att undersöka sjelfva profcylinderns salt-skifvor och se efter, om något spår af fuktighet kan anträffas på dem; det är härvid alldeles nog att hålla sig till den närmast stapeln belägna skifvan, ty värmekällans grannskap skulle•207

i hvarje fall förhindra bildandet af dylikt öfverdrag på den andra. För att underlätta ifrågavarande undersökning skola vi förändra vår apparat något litet. Hitintills hafva vi haft stapeln och dess båda reflektorer helt och hållet utanför profcylindern; vi införa nu den ena af dessa sednare, nemligen den mot värmekällan C (bild 91) rigtade in i cylindern ah; fylla

Bild 91.

mellanrummet mellan reflektorn och cylinderns insida med vattenfritt chlorcalcium, fastskrufva locket med saltskifvan der-utanpå, och ställa stapeln P helt nära utanföre. (C' är kompensationskuben, S den modererande skärmen).

Det är nu på saltskifvans centrala del, af föga mer än en qvadrattums area, som bela värmestrålningen koncentreras; endast denna del behöfver alltså undersökas. Vi repetera föregående försök och finna liksom förut, att den vanliga, d. v. s. icke torkade luften absorberar omkring sjuttio gånger så starkt som den torkade; under det den förra ännu är qvar i cylindern, skrufva vi af saltskifvan och undersöka den. Äfven om man tager ett förstoringsglas till hjelp, kan intet tecken till öfverdrag upptäckas på dess yta; den är så blank som glas eller bergkristall. Jag tar en torr näsduk på fingret och stryker med den öfver saltytan; den lemnar intet spår efter sig.

Måhända skall det dock invändas, att fuktighet kan finnas på saltet, ehuru den ej synes der. Vi skola derför anställa försöket med öppen profcylinder, borttaga båda skifvorna och förmaket, införa både torkad och vanlig luft i det öppna röret, samt jemföra deras verkan. Den cylinder, som skall användas, är 4 fot 3 tum lång; kranen C (bild 92) leder till en med luft fylld kautschuksäck, som lindrigt hoptryckes af en tyngd; vid I) är en annan krän, hvarifrån röret t leder till en luftpump. Mellan C och kautschuksäcken äro våra torkrör insatta, och när kranen öppnas, pressas luften genom dessa helt sakta in i•208

Bild 92.

cylindern, under det den på samma gång suges ut derur genom kranen D medelst luftpumpen. Afståndet från D till stapeln P är en fot, från C till källan S halfannan; H är den modererande skärmen, bortom hvilken kompensationskuben befinner sig. Förmedelst denna anordning kunna vi i cylinderns medlersta del, mellan C och D, ersätta vanlig fuktig luft med torkad eller tvärtom, utan att hvarken vid källan eller stapeln åstadkomma några luftströmningar, hvilka kunde inverka störande på den effekt, som skall undersökas.

För ögonblicket är cylindern fylld med rummets vanliga luft, och nålen visar stadigt på 0°. Jag låter nu, på nyss beskrifna sätt, torkad luft inträda genom C — och genast sätter nålen sig i rörelse, samt angifver, att mera värme gått fram än förut; den torkade luften framsläpper lättare strålarne. Slutligen stadnar nålen på 45° och kan ej föras deröfver genom fortsatt indragning af vattenfri luft.

Vi afstänga da kranen C och upphöra med pumpningen; nålen sjunker, men mycket långsamt, dermed tillkännagifvande, att vattenångan endast småningom utbreder sig inom rummet CD. Sättes pumpen samtidigt i rörelse, påskyndas emedlertid dess utbredning, och nålen sjunker hastigare — nu står den åter på nollpunkten. Försöket må upprepas hundra gånger efter hvarandra, och resultatet blir ändock alltid detsamma; såsnart den torra luften inledes, går nålen oföränderligen upp till 45°, för att sedan åter nedsjunka till noll, såsnart rummets vanliga luft åter får fylla cylindern.

Men luften härinne är ej mättad med fuktighet; vore den det, skulle dess verkan blifva ännu större. Jag borttager

torkrören och anbringar i deras ställe ett U-formadt rör, fyldt med glasskärfvor, fuktade med destilleradt vatten. När luften pressas genom detta från kautschuksäcken in i cylindern, rör sig också nålen, men i motsatt rigtning mot nyss; den går ända upp till 15°, visande, att genom vattenångans förökning har vår vanliga lufts diatermansi blifvit ytterligare minskad.

Nog af, resultatet är i hufvudsak detsamma, som när prof-cylinderns ändar voro tillslutna med saltskifvor; den iakttagna•209

absorptionen kan således ej bero på några lager af fuktighet, afsatta på dessa sednare.

Men det kan vidare invändas, att den här observerade skilnaden kan bero på någon annan ingrediens i luften än vattenångan, att luften här inne i rummet måhända ej är fullt ren, och att särskilt de kolpartiklar, som alltid finnas uppslammade i Londons atmosfer, kunna vara den egentliga orsaken till absorptionen. Nåväl, jag har, för att besvara detta inkast, först och främst uppsamlat luft i fullkomligt ogenomträngliga säckar på åtskilliga ställen — i Hyde Park, på Primrose Hill, vid Hampstead, Epsom och tre olika punkter af Isle of Wight — hitfört och undersökt den; resultatet blef i alla fall detsamma: den innehållna vattenångan utöfvade alltjemt en sjuttio gånger starkare absorption än luften sjelf.

Vidare anställde jag följande försök. Laboratoriets luft torkades och renades, tills dess absorption blef mindre än en enhet; denna renade luft leddes derefter genom ett U-formigt rör, fyldt med fullkomligt rena glasskärfvor, som fuktats med destilleradt vatten. Dess neutralitet i det förra tillståndet visade, att den fullständigt befriats från alla ämnen, som kunde utöfva något inflytande, och på sin väg genom U-röret kunde den naturligtvis ej upptaga något annat än vattenånga. Icke desto mindre utöfvade den derefter en nittio gånger större verkan än i det förstnämnda tillståndet.

Ännu återstår dock ett inkast. Profcylindern är inuti polerad, och det kunde ju tänkas, att luftens vattenånga hade vid sitt inträde deri kondenserat sig på den blanka ytan, derigenom minskat dess reflexionsförmåga och sålunda frambragt en verkan, skenbart samma som absorption. Härtill svaras först och främst, att det borttagna värmet är proportionelt mot den luftmängd, som hvarje gång finnes i cylindern. Följande tabell angifver den i cylindern insläppta luftens tryck i sex olika fall, samt det hvarje gång försvunna värmebeloppet, nemligen dels det genom direkt observation bestämda, dels det som beräknats under förutsättning af nämnda proportionalitet.

Försvunnet värmebelopp

Lufttryck Observeradt Beräknadt

atmosfer.........16........16

I „ ....32........32

I ....49........48

| ....64........64

| ....82........80

1 „ .... 98 .... 96.

Tyndall, Värmet. 14•210

Det kan nu ej gerna antagas, att så regelbundna verkningar som dessa och hvilka så fullkomligt öfverensstämma med de absorptionsfenomen, vi förut iakttagit i fråga om små qvantiteter af ångor och permanenta gaser, kunna bero af en vattenångans kondensation på profcylinderns insida. Taga vi dessutom endast det första fallet i betraktande, så är den ångqvan-titet, som der är med i spelet, mindre än i af den, som erfordras för att mätta cylinderns inre rymd; äfven på den aldra torraste dag finnes det mera fuktighet i luften. Att dervid någon kondensation skulle kunna ega rum, och särskilt en sådan, som kunde förstöra en reflektors speglande förmåga, är alldeles otänkbart.

Men för att ej lemna någon skymt af tvifvel öfrigt i denna fråga, har jag ur apparaten borttagit ej allenast saltskifvorna, utan ock hela profcylindern, och låtit helt enkelt ett stycke fri atmosfer undantränga en annan. För sådant ändamål träffades följande anordning. En kub C (bild 93) med kokande vatten

Bild 93.

är vår värmekälla; T är en ihålig upprättstående messingscy-linder af tre tums diameter och 7 tums höjd, P stapeln och C' kompensationskuben. Hela apparaten var omgifven af en stor cylindrisk skärm, och alla försigtighetsmått träffade att förekomma luftströmmar, hvilka kunde inverka i hög grad störande på resultatet.

Cylindern Y var fylld med skärfvor af qvarts, fuktade med destilleradt vatten; en ringformig gasbrännare befann sig vid dess nedre del, och från denna ledde ett rör till en kautschuksäck, som innehöll luft, När denna säck sakta hoptrycktes, pressades luften derifrån genom de våta qvartsbitarne, mättadesder med fuktighet och drefs derpå ut i det fria mellan källan C och stapeln. Innan detta skedde, stod galvanometernålen på 0°; men såsnart den mättade luften utströmmade, kom den i rörelse och stadnade på 5 grader åt köldsidan.

Qvartsbitarne borttogos derefter, och cylindern fylldes med stycken af chlorcalcium. När luften nu frampressades genom dessa, beröfvades den sin vattenhalt, och nålen gjorde ett utslag af 10° åt motsatt håll mot förut. Huru många gånger försöken än upprepades, blef resultatet ändock alltid detsamma; den mättade luften visade förhöjd atermansi, den torkade ökad diatermansi, och genom att rätt afpassa luftströmmarne kunde jag öka nålens utslag ända till nära 20°.

I nästa kapitel skall ett ytterligare bevis anföras för vattenångans absorberande förmåga. Vore ämnet ej af så stor vigt, skulle jag ej hafva dröjt så länge dervid. Af hvilken utomordentlig betydelse saken är särskilt för meteorologien, skall det följande visa.

Huru stor är i verkligheten denna absorptions-förmåga, jemförd med den torra luftens ? Mer än en gång har jag redan nämnt, att den ånga, som finnes i vår atmosfer, absorberar i medeltal — ty dess mängd vexlar ju som bekant ej obetydligt — sjuttio gånger starkare än sjelfva den luft, hvari den sväfvar. Denna uppgift gifver dock ej ensam för sig en riktig föreställning om verkliga förhållandet. Vattenångan utgör ju knappast J procent, knappast af den jordiska atmosferen; betrakta vi dennas särskilda molekuler, så finnas alltså för hvarje vattenmolekul vidpass 200 syrgas- och qväfgas-atomer der närvarande. Men den förra utöfvar ensam för sig en 70 gånger större verkan än alla de sednare tillsammans, och vi måste deraf sluta, att den i sitt inflytande på etherrörelsen öfverträffar 70 . 200 eller 14,000 gånger hvarje särskild atom af de båda enkla gaserna.

I samma mån vattenångan lätt absorberar värme, måste den ock utstråla sådant, och denna omständighet gör sig framför allt gällande inom tropikerna. Ur den eqvatoreala oceanen upplyfter solen ofantliga ångmassor, och der, i vindstillans nejd, nedstörtar också det genom dessas kondensation bildade regnet i strömmar. Hittills har man tillskrifvit detta den afkylning, som åtföljer den uppstigande luftens utvidgning; och tvifvelsutan är detta äfven en väsentlig orsak. Men sjelfva ångans utstrålning måste ock utöfva ett betydligt inflytande. Tänkom oss en pelare af mättad luft, som uppstiger från det tropiska hafvet; till en början omgifves den af annan luft af alldeles samma slag; dess ånga strålar ut sitt värme, men dessa strålar

14*•212

träffa endast annan ånga, och denna, som alltid är aterman, är det — efter hvad vi framdeles skola få se — isynnerhet för värmestrålar, som utgått från samma ämne som den sjelf. Sålunda hindras dessa åugmassor till en tid från att afkyla sig och kondenseras. Men uppstigandet fortgår alltjemt, och omsider blir situationen en helt annan; vår luftpelare har uppnått regioner af större tunnhet och mindre ång-rikedom; den befinner sig upplyftad öfver den skyddande skärm, som förut omgaf den, och omedelbart framför den tomma rymden; ut i den strömmar nu dess värme, utan hinder — och utan återvändo. Af den sålunda förorsakade afkylningen beror utan tvifvel i främsta rummet ångans kondensation och förvandling till ösregn.

Detsamma gäller ock i hufvudsak om bildandet af stack-moln (cumuli) på våra egna breddgrader. De äro helt enkelt topparne af ångrika luftpelare, som höja sig från jordytan och kondenseras, såsnart de uppnått en viss höjd.

Det synliga molnet bildar kapitelet af en osynlig pelare, upplyftadt öfver det skyddande lager af vattenånga, som närmast omgifver jorden.

Bergen verka som kondensatorer för det första på grund af sin köld. Denna är åter en verkan af höjden; de resa sig öfver det nyssnämnda lagret, och deras värme utstrålar derföre utan något hinder i rymden. Såsnart solen går ned, visar sig denna värmeförlust genom termometerns hastiga fallande. Detta fall beror ej af någon utstrålning från luften, utan från jorden och från sjelfva qvicksilfver!;ulan. Derföre måste ock skilnaden mellan en termometer, som, behörigen skyddad, angifver sjelfva den omgifvande nattluftens temperatur, och en annan, som får fritt utstråla mot rymden, blifva större uppe på berget än vid dess fot. Uppe på "Grand Plateau" af Montblanc funno Martins och Bravais denna skilnad utgöra öfver 13°, men nere i Chamouny endast 6°.

Men bergen verka äfven som kondensatorer på grund deraf, att de böja de fuktiga luftströmmarne uppåt och sålunda föranleda deras afkylning. Dessa mättade luftmassor flyttas upp öfver ånglagrets skyddande skärm och utsättas för samma inflytande, som den nyss betraktade varma uppstigande pelaren. I alla former af sin tillvaro gör sig vattnets utstrålningsförmåga gällande, och det framför allt i en bergstrakt; som ånga utgjuter det sitt värme i rymden och befordrar sålunda kondensationen; som vätska gör det sammaledes och befordrar sålunda tillfrysningen; som snö förhåller det sig på samma sätt och förvandlar sålunda de ytor, som det betäcker, i ännu kraftigare kondensatorer än de eljest skulle vara. Bland alla vattnets egenskaper är denna egendomliga förmåga att meddela vibra-•213

tionsrörelse åt rymdens ether visserligen icke den minst märkvärdiga.

Lika lätt som från dessa regioner skulle värmet också strålas bort från jordytan i allmänhet, om vattenångan saknades i det deröfver hvilande luftlagret, ty sjelfva den blandning af syre och qväfve, som bildar atmosferens hufvudmassa, förhåller sig, efter hvad vi redan sett, i praktiskt hänseende som ett tomrum. Då solen ej längre gjuter sitt värme öfver en nejd, hvars atmosfer är torr, inträder genast afkylning. Vattenångan bildar ett täcke öfver jorden, nödvändigare för dess organiska lif, än livad kläderna äro för oss; tag bort för en enda sommarnatt det lager af ånga, som hvilar öfver de brittiska öarne — och om morgonen skall Ni der finna hvarje växt förstörd, som kölden förmår döda; hvarje gåfva, som vi under dagens lopp mottagit från solen, skulle under natten återlemnas åt den tomma verldsrymden *).

Det är just denna luftens fattigdom på vatten, som gör vissa trakter af jorden mer eller mindre obeboeliga. Vintern i medlersta Asiens högländer är förfärlig; man har fordom tillskrifva detta förhållande landets höjd öfver hafsytan, men redan Humboldt visade, att denna nivå-skilnad på flere ställen är ganska obetydlig; det är luftens torrhet, som vållar, att de isotermiska linierna i denna trakt göra en ofantlig bugt söderut. I Sahara, "der marken är eld och vinden låga", är nattens köld ofta odräglig, och is bildar sig der stundom. I Australien är,

*) Intressanta iakttagelser hafva anställts af Strachey i Mars månad 1850 öfver sambandet mellan nattluftens vattenhalt och temperaturens fall från kl. 6 e. m. till samma timma på morgonen; sä mycket märkvärdigare som de gjordes, långt innan ångans här ifrågavarande atermansi var upptäckt. Vid de tillfällen, då de liärnedan anförda observationerna verkställdes, var "himlen fullt klar, ehuru atmosferens vattenhalt var mycket olika". Denna halt eller ångans tension uttryckes i den första kolumnen af följande tabell i millimeter, under det den andra kolumnens gradtal angifva det motsvarande temperaturfallet.

Tension Temperaturfall

o

22,2......................3,3

21.2......................3,9

20,1......................Ls

18,7......................4,7

17. 7......................5,7

16,4......................7,0

15,1......................6.7

13. 8......................7,2

10. 9......................9,1-•214

isynnerhet i det inre af kontinenten, skilnaden mellan dygnets högsta och lägsta temperatur ofta utomordentlig; den uppgår ej sällan till 30°, under det den här t. ex. vid Greenwich är i medeltal 9°.

För att bestämma beloppet af ifrågavarande värme-utstrålning konstruerade Leslie ett instrument, som han benämnde Aetlirioskopet (bild 94). Det bestod af två glaskulor, som voro förenade genom ett vertikalt glasrör, så trångt, att en liten vätskekolonn hölls uppe derinuti endast genom sin adhesion vid glaset. Den nedre kulan D var omgifven af ett metallfo-dral och antog luftens temperatur; den öfre B var svärtad och omgifven af en metallskål C, som skyddade den mot jordens utstrålning.

"Detta instrument", säger upptäckaren, "angifver, då det vid klart väder utsättes för öppna luften, såväl dag som natt beloppet af den från de högre regionerna nedsända kölden .... Dess känslighet är förvånande, ty vätskekolonnen stiger och faller ögonblickligen för hvarje förbi-farande moln. Men orsaken till dessa förändringar är icke alltid lika ögon-skenlig; under en klar blå himmel angifver aethrioskopet stundom en köld af 5 grader *) och en annan dag, när luften synes vara lilca klar, knappast tre". För oss erbjuder detta förhållande numera icke något öfverraskande; vi veta ju mycket väl, att luftens genomskinlighet alldeles icke bevisar dess torrhet. Också tillägger Leslie sjelf en förmodan, att det nämnda förhållandet måtte bero på luftens hygrometriska beskaffenhet för tillfället **).

Bild 94.

*) Dessa böra naturligtvis icke förvexlas med våra vanliga termometergrader. Ö. A.

**) Det bör ej lemnas onämndt, att Tyndalls på ofvan anförda försök grundade åsigt om vattenångans stora absorptionsförmåga blifvit bestridd af (numera aflidne) Prof. Magnus i Berlin och sedermera af åtskilliga andra forskare. Frågan torde ännu ej kunna anses fullt afgjord. En förteckning på den ur polemiken mellan Tyndall och

•215

KAP. XII.

Värmets absorption af flyktiga vätskor och af deras ångor. — Jemförelse mellan bådas verkningar. — Den fysiska orsaken till absorptionen och diatermansien. — Inflytandet af värmekällans temperatur. — Utstrålning från gasformiga värmekällor. — Förvandling af osynliga perioder till synliga. — Förklaring af några, af Melloni och Knoblaucli erhållna, resultat.

Den framtida naturforskningen kommer tvifvelsutan att mycket sysselsätta sig med den vigtiga frågan om relationerna mellan vår vanliga materia och verldsetliern, af hvilken den förras atomer omgifvas. Hvad vår kunskap om denna etliers egen rörelse beträffar, lemna de optiska undersökningar, som verkställts under det sista halfva århundradet, knappast något öfrigt att önska; om sjelfva de atomer och molekuler, från hvilka ljus- och värme-vågorna utgå, och om deras förhållande till detta medium, i hvilket de vibrera och af hvilket de försättas i rörelse, lära oss deremot dessa undersökningar så godt som ingenting. Att få ett begrepp om sjelfva upphofvet till ethervågorna, och att om möjligt förvärfva på experimentel väg en föreställning om de vibrerande atomernas egen beskaffenhet — se der hufvudändamål med de forskningar, hvilkas resultat jag i de båda sista kapitlen meddelat Er i sammandrag.

Vi hafva der sett, hvilka utomordentliga olikheter ega rum mellan olika slags gasmolekuler i afseende på absorptions- och utstrålnings-förmåga. Om nu gasen förvandlas till vätska, närma sig molekulerna och fatta tag i hvarandra med en kraft, af hvilken intet spår kunde förmärkas under det förra tillståndet. Men oaktadt denna

förändring omgifvas de fortfarande af den allt genomträngande ethern. Om således denna absorptions- och utstrålnings-förmåga tillhör dem sjelfva, betraktade som individer, hafva vi allt skäl att vänta, det densamma skall fortfa-

Magnus framgångna litteraturen finnes i den af Helmholtz och Wie-demann utgifna tyska öfversättningen (,3:dje uppl.) af detta arbete, sid. 461, och bland ännu nyare afhandlingar i ämnet må här anföras: J L. Hoorweg, Ueber die Diatliermansie von feuchter Luft. Poggendorffs Annalen, Bd. 155 S. 385; H. Buff, Ueber die Fähigkeit der Luft und des Wasserstoffgases, die Wärme zu leiten und deren Strahlen durchzulassen. Pogg. Ann., Bd. 158 S. 177; H Hao-a Ueber die Absorption der strahlenden Wärme durch Wasser-dampf. Pogg. Ann., Bd. 160 S. 31. O. A.•216

rande ega bestånd, oaktadt molekulen nu förlorat sin frihet och bildar del af en vätska. Är deremot sjelfva aggregat-tillståndet härvidlag af afgörande betydelse, kunna vätskorna förhålla sig på helt annat sätt än deras motsvarande ångor. Hvilketdera af dessa förhållanden i verkligheten eger rum, hafva vi nu att utforska.

Melloni undersökte, som vi redan sett (sid. 168), flere vätskors diatermansi, men han använde dervid som värmekälla en lamplåga, omgifven af ett cylindriskt glas. Dessutom voro ock hans vätskor inneslutna i glaskärl, och således blef den från källan utgående strålkomplexen högst betydligt modifierad, innan den ens framkom till den vätska, som skulle undersökas, eftersom glaset sjelft absorberar en hel mängd strålar. Föröfrigt sysselsatte Melloni sig icke med de frågor om sjelfva molekulernas beskaffenhet, hvilka för oss utgöra just hufvudsaken. Vid mina undersökningar i denna rigtning önskade jag att så litet som möjligt förändra den ursprungliga strålkomplexen och sammansatte derföre följande apparat, i hvilken absorptionsvätskan inneslutes mellan två skifvor af bergsalt,

ABC (bild 95) är en messingsskifva, 2,9 tum lång, 1,8 tum bred och 0,2 tum tjock; vid dess hörn äro stadigt fästade fyra

Bild 95.•217

mot dess plan vinkelräta stolpar, försedda i ändarne med skruvgängor, hvarpå muttrarne q, r, s, t kunna fastskrufvas. DEF är en annan messingsskifva af samma dimensioner som den förra, och med hål i hörnen, så att den kan sättas på de fyra stol-parne. Båda skifvorna hafva i sin midt cirkelrunda öppningar mn och op af 1,2 tums diameter. GHI är en tredje messingsskifva af samma längd och bredd som de förra, samt med en lika stor öppning i midten; den är bestämd till att skilja de båda bergsaltskifvorna, som skola, bilda kärlets väggar, och dess tjocklek bestämmer det blifvande vätskelagrets; såväl den som saltskifvorna äro ytterst noggrannt slipade för att sluta fullkomligt vattentätt tillsammans. Vid apparatens begagnande befanns det dock nödvändigt att lägga pappersblad emellan.

Då kärlet skall användas, afskrufvas muttrarne q, r, S, t; en kautschukring lägges först på ABC för att spara saltskii-vorna, och derpå den ena af dessa. På denna lägges vidare en ring af papper, derpå skifvan GHI, en annan pappersring, den andra saltskifvan, en annan kautschukring; slutligen föres DEF öfver stolparne, och alltsammans hopskrufvas medelst muttrarne q, r, s, t.

Härigenom lemnas mellan saltskifvorna ett cirkelformigt tomrum af samma tjocklek som GHI, och detta kan fyllas med vätska genom öppningen 7r. Efter hvarje försök skruf-vas apparaten åter sönder, och saltskifvorna rengöras omsorgsfullt.

För det andra erfordrades en värmekälla, på en gång fullkomligt konstant och tillika så stark, att dess strålar förmådde genomtränga äfven de mest atermana vätskor, som kunde ifrågakomma till undersökning. En sådan fann jag i en spiral af platinatråd, som försattes i stark glödning Bild 96.•218

medelst en derigenom ledd elektrisk ström. Följande anordning deraf befanns omsider lämpligast. A (bild 96) är ett ihåligt glasklot af ungefär 3 tums diameter, fästadt på ett stativ så, att det kan höjas och sänkas efter behof; i dess öfre ända är ett hål, tillslutet med en kork, och genom denna gå två trådar, hvilkas ändar äro förenade medelst platinaspiralen s. Trådarne äro förda ned till klämskrufvarne a och b, samt derifrån till den elektriska

stapelns båda poler. Den glödande spiralens värme utstrålar genom den halfannan tum vida öppningen d, och bakom densamma är metallspegeln r anbragt för att öka värmeströmmens styrka utan att förändra dess qvalitet. I öppna luften är en dylik spiral en temligen ostadig värmekälla, men särdeles konstant, när den sålunda skyddas af glasklotet.

Hela anordningen af apparaten synes af bild 97. A är den nyss beskrifna platinalampan; den elektriska strömmen utvecklades af en stapel, bestående af fem Groves element, och medel voro vidtagna att hålla dess styrka konstant dag efter dag. Framför lampan står det på insidan speglande röret B, genom hvilket värmet föres till bergsaltkärlet C; detta är fästadt vid skärmen SS', som i midten har ett hål, genom hvilket vär-mestrålarne efter passagen genom vätskan framgå och träffa den termo-elektriska stapeln P. Denna befinner sig på något afstånd från skärmen SS', för att sjelfva kärlets C värme ej må inverka derpå. C' är en kompensationskub, hvars vatten hålles i kokning medelst ånga, som inledes deri genom röret P. Mellan C och P står moderatörskärmen Q, och slutligen skyddas hela apparaten omsorgsfullt mot luftströmmar.

Undersökningen utfördes sålunda. Kärlet C sattes först tomt på sin plats, och en dubbel försilfrad skärm (ej synlig i bilden) infördes mellan B och C; sålunda afstängdes allt värme från platinaspiralen, och stapeln blef utsatt endast för kompensationskubens inflytande. Medelst skärmen Q modererades detta inflytande, tilldess galvanometernålen visade på 50°. Derefter undandrogs så småningom den förstnämnda dubbla skärmen, ända tills strålningen från C jemnt neutraliserade kompensationskubens, och nålen visade stadigt på 0°. Då inhälldes medelst en liten tratt den vätska, som skulle undersökas, i kärlet C, och genast stördes genom dess absorption jemnvigten; nålen kom i rörelse och stadnade omsider på ett visst gradtal.

Då galvanometerns grader naturligtvis voro förut evalue-rade, kunde man häraf genast bestämma, huru många procent af hela värmebeloppet blifvit absorberade af vätskan. Dessa procent-tal äro i följande tabell angifna för elfva särskilda vätskor, af hvilka enhvar användts fem gånger i lager af olika tjocklek.Bild 97.Vätskelagrets tjocklek i millimeter Vätskor 0,5 1,0 1,7 3,5 6,7

Kolsvafla...... 5,5 .. . 8,4 .. . 12,5 . . . 15,2 . . .17,3

Chloroform..... 16,6 . . . 25,0 . . . 35,0 . . . 40,o . . . 44,8

Methyljodid .... 36,i . . . 46,5 . . . 53,2 . . . 65,2 . . . 68,6

Ethyljodid..... 38,2 . . . 50,7 . . . 59,o . . . 69,o . . . 71,5

Benzol....... 43,4 . . . 55,7 . . . 62,5 . . . 71,5 . . .73,6

Amylen....... 58,3 . . . 65,2 . . . 73,6 . . . 77,7 . . . 82,3

Svafvel-ether.... 63,3 . . . 73,5 . . . 76,1 . . . 78,6 . . . 85,2

Ättik-ether........74,o . . . 78,o . . . 82.0 . . .86,1

Myrsyre-ether . . . 65,2 . . . 76,3 . . . 79.0 . . . 84,o . . . 87,o

Alkohol....... 67.3 . . . 78,6 . . . 83,6 . . . 85,3 . . . 89,i

Vatten....... 80,7 . . . 86,1 . . . 88,8 . . . 91,0 . . . 91,o.

Bland alla elfva visar sig kolsvafla mest, vattnet minst dia-termant, och detta i hvarje af de fem händelserna. Närmast det sistnämnda kommer alkoholen.

Ega nu — detta är för oss hufvudfrågan — samma olikheter, och samma rangordning rum mellan dessa vätskor, äfven om de äro försatta i gasform? För att finna svaret härpå, hafva vi att på samma sätt som förut bestämma ifrågavarande ångors diatermansi — naturligtvis för värme af samma qvalitet som det för vätskorna använda.

För sådant ändamål har apparaten å titeltaflan användts, endast med den vigtiga skilnad, att värmekällan var den sednast begagnade platinalampan (bild 96). Profcylindern var af messing, 4,2 fot lång och 2,i tum i diameter, i båda ändar tillsluten med saltskifvor; vätskorna infördes i sådana flaskor, som bild 86 (sid. 185) visar, och dessa

förenades på samma sätt som förr med cylindern. Följande tabell angifver ångornas *) ab-sorptionsprocent vid ^ atmosfers tryck.

Ångor Absorptionsprocent

Kolsvafla.................. 4,7

Chloroform................. 6,5

Methyljodid................ 9,6

Ethyljodid.................17,7

Benzol...................20,6

Amylen...................27,5

Alkohol...................28,1

Myrsyre-ether...............31,4

Svafvel-ether................31,9

Ättik-ether.................34,6.

*) Vattenångan är här ej upptagen, emedan densamma, då den ej är blandad med luft, har så stor benägenhet att kondenseras, att den ej kan direkt undersökas i profcylindern.•221

En jemförelse mellan denna tabell och den nästföregående visar genast, att rangordningen är densamma, hvad de sex första vätskorna beträffar, men icke sedermera. Skilnaden kan ej bero af observationsfel, men dess orsak är dock ej svår att finna: den anställda jemförelsen är ej fullt rättvis. Vi hafva jemfört vätskorna såsom lager af samma tjocklek, och ångorna vid samma volym och tryck; men om dessa vätskelager försattes i ångform, skulle de sålunda erhållna ångvolymerna ej blifva lika inbördes. De qvantiteter af materia, som värmet genomgått i båda fallen, äro ej proportionela, och det måste de likväl vara, för att jemförelsen må blifva riktig. Det är ej svårt att göra dem sådana; emedan vätskorna blifvit undersökta vid konstant volym, angifva deras specifika vigter de relativa qvantiteter af materia, som värmestrålarne i första händelsen genomgått. Dividera vi dessa vigter med de tal, som angifva motsvarande ångors täthet under gemensamt tryck, erhållas de i första zifferkolumnen af följande tabell anförda tal, som angifva de relativa ångvolymer, hvilkas vigter äro proportionela mot de använda vätskeqvan-titeterna.

Införa vi då just dessa ångvolymer i profcylindern, erhålles följande värden på absorptionsprocenten.

Angör Relativa volymer Absovptionsprocent

Kolsvafla......0,48.......... 4,3

Chloroform.....0,36.......... 6,6

Methyljodid.....0,46..........10,2

Ethyljodid.....0.36..........15.4

Benzol........0.32..........16,8

Amylen.......0,26..........19,o

Svafvel-ether .... 0,28..........21,5

Ättik-ether..... 0,29 22,2

Myrsyre-ether . . . 0,36 22,5

Alkohol....... 0,50 .... 22,7.

Jemföra vi denna tabell med den öfver vätskornas absorption å sid. 220, så visar sig, att rangordningen är alldeles

densamma. Vi kunna alltså med mycket stor säkerhet sluta, att i allmänhet en ångas plats i afseende på absorptions- och utstrålnings-förmåga bestämmes af dess motsvarande vätskas. Sålunda bör ock vattnets plats bestämma vattenångans. Men som vattnet i afseende på absorption öfverträffar alla andra af oss undersökta vätskor, så kunde vi redan häraf — äfven om alls inga direkta undersökningar öfver vattenångans absorptionsförmåga förelåge — sluta till de i föregående kapitel anförda resultat, hvilkas sanning således härmed är ytterligare bevisad.•222

Och härefter öfvergår jag till en annan högst vigtig fråga; vi skola nu söka utgrunda sjelfva den yttersta orsaken till både absorptionen och diatermansien. En pendel svänger som bekant med en viss hastighet, som är beroende af dess längd. En stålfjäder oscillerar i en viss takt, beroende af dess vigt och spänstighet. Forma vi en metalltråd till spiral och fästa en tyngd vid dess ända, svänger äfven denna upp och ned med en hastighet, som beror af dess egen vigt och trådens elastiska kraft. En sträng på ett musikaliskt instrument har på samma sätt sin gifna svängningstid, som är beroende på en gång af dess längd, vigt och spänning. Förhållandet är detsamma med en planka, som med sina ändpunkter hvilar på tvenne stöd; ställa vi oss midt på densamma och lämpa vår egen rörelse efter dess gungning, kunna vi tillochmed bräcka den. En trupp soldater, som skola marschera öfver en hängbro, måste gå i oregelbunden takt, för att icke öka dess pendelrörelse till en för dess bestånd ytterst vådlig grad. En person bär ett öppet vattenkärl på hufvudet; öfverensstämma hans steg, hans vandrings-takt med vätskans sqvalp från den ena sidan till den andra, dröjer det ej länge, förrän densamma slår ut ur kärlet.

Se der helt simpla och hvardagliga, men just derför lärorika exempel på hvad jag vill kalla verkan af perioders öfverensstämmelse. En rytmiskt upprepad rörelse, om ock ganska svag och obetydlig, väcker och förstärker en annan, hvars energi kan vara betydligt öfverlägsen den förras — om blott bådas rytm är lilca. I annat fall eger just motsatsen rum. Vattenbäraren ändrar med afsigt ofta nog sin vandringstakt för att förekomma det nyssnämnda missödet.

Bet är just det här beskrifna förhållandet, som förorsakar, att man ofta hör en glasruta, en kakelugnslucka, en ljusmanschett eller något annat dylikt föremål genljuda i ett rum, der musik göres; det är det välbekanta resonans-fenomenet. Det inträffar naturligtvis blott, då det ifrågavarande föremålets egen ton. dess vibrationsperiod, öfverensstämmer med någon af de musikaliska toners, som frambringas. Ni har hört den "sjungande lågan" svara mig, då jag tilltalade den i dess rätta ton; i annat fall förblef den stum, ja den kunde tillochmed tystas.

Dessa enkla mekaniska fakta skola förhjelpa oss till en klar uppfattning af de oändligt mycket finare företeelser, som ljuset och det strålande värmet erbjuda. Vi hafva sett, att lampsot genomsläpper det sednare, men icke det förra; jag har nämnt och skall framdeles utförligt visa, att detsamma är i ojemförligt högre grad fallet med en lösning af jod i kolsvafla. Hvilken är orsaken härtill? Den enda skilnaden i sak mellan•223

ljuset eller, hvad som här är alldeles detsamma, det lysande värmet å ena sidan och det mörka å den andra, är en skilnad i period, i svängningstid, i svängningstal och således äfven i våglängd. Det förras vågor äro kortare i rummet, och dess perioder kortare i tiden än det sednares. Nåväl — hvarför framsläpper då joden de sednare, men absorberar de förra? Det kan, enligt min åsigt, ej gifvas mer än ett svar på denna fråga: Be absorberade vågorna äro just de, hvilkas perioder öfverensstämma med dem, hvari jodens egna atomer kunna vibrera.

Låt en kraftig vågrörelse af hvilken period som helst stöta emot en komplex af atomer eller molekuler. Sannolikt uppstår väl dervid alltid någon skakning af större eller mindre intensitet blancl dessa partiklar. Men för att denna rörelse verkligen skall upptagas och samlas af dem, för att den skall kunna öfvergå till verklig regelbunden dallring, för att den med ett ord skall absorberas, fordras nödvändigt öfverensstämmelse i period. Kort sagdt, för att nu använda ett betecknande uttryck ur ljudläran, absorption och ogenomskinlighet äro liktydiga med konsonans, diatermansi och genomskinlighet med dissonans — nemligen mellan ethervågornas perioder och de kroppsliga atomers, mot hvilka de förra bryta sig. Att vår jodlösning är ogenomtränglig för ljuset, visar, att dess atomer äro i stånd att vibrera i alla de perioder, hvilka finnas mellan gränserna af det synliga spektrum; att den genomsläpper de mörka eller ultraröda vågrörelserna, visar, att dess atomer äro ur stånd att vibrera "unisont" med dessa långa etherböljor.

Redan förut har jag talat om strålande värmes olika qvalitet; man pröfvar densamma genom att undersöka värmets förhållande till diatermana kroppar. Om värmestrålar från två olika källor framsläppas i olika proportion genom ett och samma ämne, sägas dessa strålar vara af olika qvalitet. Naturligtvis är denna olikhet i verkligheten endast en skilnad i period; om den ena värmekällans strålar framsläppas i större mängd än den andras, så kommer sig detta endast deraf, att deras våglängder och svängningstider äro olika.

Om vi höja den i föregående försök använda platinaspiralens temperatur, så förändra vi dermed ock sjelfva qvaliteten af dess värme; allt kortare ethervågor inblanda sig i dess utsända strålar. Dräper har visat, att när platinan först börjar lysa, utsänder den endast röda strålar — något som för öfrigt öfverensstämmer med den omedelbara erfarenheten; att när temperaturen höjes, sälla sig efter hvarandra orange, gult och grönt till den röda färgen, och att slutligen, när metallen är•224

upphettad ända till full hvitglödning, dess ljus innehåller spektrums samtliga färger.

Nästan alla de ångor, vi här ofvan undersökt, äro fullt genomskinliga för ljus, men allesammans mer eller mindre ogenomträngliga för mörkt värme; deras molekuler äro således ej i stånd att vibrera i — kort sagdt — synliga perioder, men väl i de långsammare ultra-röda vågornas. Höja vi då den i försöken använda platinaspiralens temperatur så småningom från mörker ända till hvitglödning, så ökas derigenom alltmera dissonansen mellan platinans och ångornas molekular-vibrationer, och vi kunna alltså redan på förhand inse, att den förres värmestrålar skola med allt större lätthet genomtränga de sednare, eller m. a. o. att absorptionen skall minskas. Befogenheten af denna slutsats synes af de fyra första ziffer-kolumnerna af följande tabell, der absorptionsprocenten af det från platinaspiralen vid fyra olika temperaturer utstrålade värmet är angifven.lA IN <N

Ångor „

Kolsvafia..... 6,5...... 4,7...... 2,9..... 2,5.........6,6 ... . 9,8......11,i

Chloroform ... 9,1...... 6,3...... 5,6..... 3,9.....21,6 .... 12,o...........6,2

Methyljodid . . . 12,5...........9,6...... 7,8.........18,8 .... 16,5......

Ethyljodid .... 21,3......17,7......12,8.........29,o .... 19,5......14,o

Benzol......26,4...........20,6 ...... 16,5 ....34,5 .... 22,o......17,9

Amylen...... 35,8 ....27,5 ...... 22,7 ....47,1 .... 30,2 24,2

Svafvel-ether. . . 43,4...........31,4 ...... 25,9 ..... 23,7 ....54,i .... 35,7......31,9

Myrsyre-ether . . 45,2 ....31,9 ...... 25,i..... 21,3 ....60,4 .... 34,6 33,3

Ättik-ether. . . . 49,6 ....34,6 ...... 27,2 ....69,9 ... . 38,7 36,3

1. Platinaspiral, knappast lysande 2. D:o, klart rödglödande 3. D:o, livitglödaude 4. D:o, nära smältning 5. Leslies kub 100° 6. Gaslåga, klart lysande 7. D:o, ur Bunsens brännare.•226

Det inflytande, som temperaturförhöjningen, d. v. s. införandet af kortare vågor i strålkomplexen, utöfvar, visar sig här alldeles otvetydigt. Sålunda se vi, för att nu anföra blott ett exempel, att de båda först anförda ångornas absorption minskas med mer än hälften af sitt ursprungliga belopp, då spiralens temperatur höjes från det första till det fjerde stadiet.

En annan verkan af denna förhöjning är vidare en förändring af den plats, som en och annan af de anförda ångorna intager i serien. I den första kolumnen är myrsyre-etherns ab-sorptionstal större än svafvel-etherns, i den andra äro de nästan lika, men ännu har den förstnämnde en liten öfvervigt; i den tredje är ordningen mellan dem omkastad, och i den fjerde är svafvel-etherns öfvervigt ganska betydlig. Myrsyre-ether-mole-kulernas förmåga att verkställa hastiga vibrationer är alltså mindre än svafvel-ether-molekulernas, men de förra kunna deremot lättare än de sednare försättas i långsamma dallringar. Ännu bättre visar sig detta sistnämnda förhållande vid en blick på

den 5:te kolumnen, hvars tal erhållits under användande af en mörk värmekälla af låg temperatur; myrsyre-etherns absorption öfverträffar der svafvel-etherns med 6,3 procent,

En annan omkastning, nemligen mellan chloroform och methyljodid, framgår af en jemförelse mellan kolumnerna 1—3 å ena sidan och 5 å den andra.

Vi hafva hittills sysselsatt oss endast med utstrålning från fasta kroppar, men vilja nu betrakta en gasformig värmekälla, nemligen en lysgaslåga; dess öfversta och nedersta del hafva uteslutits, och endast strålarne från dess medlersta och klarast lysande del undersökts. Resultaten innehållas i tabellens 6:te kolumn.

Jemföra vi densamma med den tredje kolumnen, så visar sig som ett allmänt resultat, att lågans strålar vida kraftigare absorberas. Tvifvelsutan beror detta deraf, att de glödande kol-partiklarne, från hvilka lågans utstrålning hufvudsakligen härrör (sid. 31), genomgå under sin upphettning lägre temperaturstadier och i dessa utsända strålar, som befinna sig i bättre konso-nans med ångorna. Vidare är detta kol blandadt med vattenånga och kolsyra, som också lemna sina bidrag till strålningen, och hvilkas perioder sannolikt öfverensstämma ganska väl med de absorberande ångornas.

Dernäst har jag användt som värmekälla lågan från en Bunsens brännare (sid. 33); de dervid funna absorptionstalen innehållas i tabellens 7:de kolumn. Ehuru denna låga som bekant är mycket het, utstrålar den likväl föga värme; skilnaden mellan dess värme-utstrålning och en vanlig lysande gasflammas227

märkes ganska tydligt, blott man håller handen eller ansigtet nära intill hvardera. En jemförelse mellan kolumnerna 6 och 7 visar till en början, att den Bunsenska lågans strålar i allmänhet absorberas något mindre än den andras; somliga ämnen, t. ex. myrsyre-ether, förhålla sig nästan lika i afseende på båda; för amylen och några andra är skilnaden större. Men högst märkvärdig är såväl den tillökning i absorption, som eger rum för kolsvafla, som omkastningen i ordning mellan samma ämne och chloroform. En sådan eger här äfven rum för myrsyre-och svafvel-ether.

De mest utstrålande ämnen i den Bunsen'ska lågan äro tvifvelsutan vattenånga och kolsyra, bildade genom vätets och kolets förbränning; het qväfgas finnes der visserligen ock, men dess strålningsförniåga. är, som vi veta, mycket obetydlig. Jag önskade skilja de båda förstnämnda beståndsdelarne från hvarandra och undersöka hvardera särskilt; den förres strålar kunna uppenbarligen erhållas från en låga af ren vätgas, den andres från en af koloxid. Isynnerhet vätgaslågans strålning syntes mig vara af särskildt intresse, ty oaktadt dess temperatur är mycket hög, föreföll det sannolikt, att vanlig fuktig luft skulle på densamma utöfva en rätt betydlig absorption, på grund af öfverensstämmelsen mellan lågans vibrationsperioder och den kalla atmosferiska vattenångans. Denna förmodan visade sig ock fullkomligt riktig; införda i en profcylinder af 4 fots längd, absorberade torkad luft ingenting af vätgaslågans strålande värme, vanlig luft deremot en gång 17,2 procent deraf, och en annan dag, då fuktigheten var större, 20,3. För jemförelses skull må nämnas, att vid det förra tillfället absorberade den otorkade luften endast 5,8 procent af strålningen från en platinaspiral, som försattes i glödning medelst elektricitet, samt 8,6 procent af samma spirals strålar, då den hölls inne i sjelfva vätgaslågan och sålunda upphettades till glödning.

En märkbar öfverensstämmelse eger således rum mellan mole-kulernas vibrationsperioder i den 3260° heta vätgaslågan och i den atmosferiska vattenångan vid 15° temperatur. Värmegradens förhöjning ökar väl vattenmolekulernas "svängnings-amplitud" men inverkar jemförelsevis föga på deras svängningstid.

Yi måste i förbigående egna en stunds uppmärksamhet åt det förra begreppet, En tons höjd beror som bekant på det antal luftvågor, som träffa örat under en sekund. Deremot beror dess styrka eller intensitet på det utrymme, inom hvilket de särskilda luftpartiklarne vibrera, eller m. a. o. på det afstånd, till hvilket de aflägsna sig från sitt jemnvigtsläge. Detta afstånd kallas vibrations-amplituden (jfr sid. 160). Om vi draga

15*•228

en harpsträng helt litet åt sidan och släppa den, rubbar den sin omgifvande luft helt litet; de dallrande luftmolekulernas amplitud blir då ringa, och ljudet svagt. Draga vi den deremot långt åt sidan, innan vi släppa

den, blir tonens höjd visserligen densamma som förut, men ljudet starkare, eftersom amplituden blir större.

Sak samma gäller om ljus- och värme-strålning; skilnaden är blott den, att etherpartiklarne vibrera fram och tillbaka vinkelrätt mot strålens rigtning. Likasom i fråga om ljudet, kunna vi hafva samma våglängd med mycket olika amplituder, likasom på vattnet vågorna kunna vara både högre och lägre, ehuru afståndet från den ena vågryggen till den närmaste är i båda fallen densamma. Ljusets färg och det strålande värmets qvalitet hero helt och hållet af ethervågornas längd, ljusets och värmets styrka af deras amplitud. Och då vi nu sett, att vät-gaslågans och den kalla atmosferiska vattenångans perioder öfverensstämma, måste vi sluta, att lågans ofantligt höga temperatur beror icke af vibrationens tid, utan af dess utomordentligt stora amplitud.

Den andra beståndsdelen af den Bunsen'ska lågan är som sagdt kolsyra, och dess strålning erhålles ensam för sig från brinnande koloxid. Af denna värmestrålning absorberade också mycket riktigt den obetydliga qvantitet kolsyra, som fanns i laboratoriets vanliga luft, hela 13,8 procent. Också här eger alltså en märkbar öfverensstämmelse mellan perioderna rum, ehuru koloxidlågans temperatur är 3040° och laboratorii-luftens 15°. En ännu starkare absorption bör naturligtvis oblandad kall kolsyra kunna utöfva på samma slags värmestrålning, och denna förmodan bekräftas tillfullo af följande tabell, i hvars andra zifferkolumn äro anförda de procent-tal af koloxid-lågans värme, som vanlig kolsyra vid de angifna graderna af tryck absorberar.

Tryck	Kolsyrans absorptionsprocent	Den oljbildande gasens absorptionsprocent
s1;, atmosfer. . .	48,o	23.2
n „ ...	55,5	34,7
A ...	60,3	44.0
i2s „ ...	65,1	50,6
J „ ...	68,6	55,1
3 „ •••	74,3	65,5

För jemförelses skull äro den oljbildande gasens absorptionsprocent vid samma tryck och för samma värmekälla angifna vid sidan af de förra. Vi hafva förut (se tabellerna N:o 5 och N:o 6, sid. 189, 190) sett, att för utstrålning från fasta källor är•229

den oljbildande gasen ojemförligt mera aterman än kolsyran; här är förhållandet rakt omvändt, och skilnaden mellan båda allt större, ju mindre trycket är. När gasernas mängd ökas, minskas olikheten dem emellan; båda närma sig då i sjelfva verket till fullständig atermansi.

Dessa försök visa, att närvaron af en ytterst ringa mängd kolsyra kan upptäckas genom dess verkan på strålningen från en koloxid-låga. Sålunda är ock inverkan af den kolsyra, som utandas från lungorna, fullt märkbar. En kautschuksäck fylldes ined dylik utandad luft; densamma leddes derifrån genom en tork-apparat, för att befrias från sin vattenhalt, och vidare in i profcylindern. Den absorberade då af strålarne från den nämnda värmekällan

Vi hafva alltså här ett medel att med stor noggrannhet bestämma kolsyrehalten i den luft, som utandas, och jag meddelar här till bevis på metodens användbarhet — den kan tvifvelsutan efter vunnen erfarenhet ytterligare förbättras — en sammanställning mellan de resultat i afseende på lung-luftens procenthalt af kolsyra, som vid tre särskilda tillfällen erhållits 1) genom kemisk analys, 2) genom den här använda metoden:

1)	2)
4,31	4,oo
4,66	4,56
5,33	5,22.

Vattnet är som bekant i lager af måttlig tjocklek ett mycket genomskinligt ämne, d. v. s. dess molekulers perioder öfverensstämma ej med det synliga spektrums. Likaså genomsläpper det lätt de ultra-violetta strålarne, och vi kuuna således vara vissa, att dess molekuler i allmänhet hafva svårt för att försättas i hastiga vibrationer. Men då vi inträda inom de ultra-röda strålarnes område, blir förhållandet alldeles motsatt; i afseende på förmåga att absorbera sådana öfverträffas vattnet ej a/ något annat ämne. Vi hafva nyligen sett, hvilken stark inverk an dess ånga utöfvar på vätgaslågans strålning; äro nu det flytande vattnets molekularperioder desamma som ångans, så böra vi ock finna sjelfva vätskan mycket aterman för strålarne från samma källa. Detta är ock verkligen fallet; se här absorptions-procenten för vattenlager af fem olika tjocklekar, nemligen

vid Aj atmosfers tryck 12,o procent

), ,» M 25,0 ,,

1 q

,> g >» J, ,,

,, 1 ,, >, 50,o ,,Millimeter: 0,51 1,02 1,78 3,56 6,86

Absorptionsproc.: 94,2 97,2 98,9 99,5 lüO.

För jemförelses skull må blott erinras, att ett vattenlager af 9,21 millimeters tjocklek genomsläpper, enligt Mellonis uppgift (sid. 168), 11 procent af värmet från en Argandsk lampa, samt absorberar alltså endast 89; under det att af den här använda källans, vätgaslågans, strålning ett vida tunnare lager absorberar alltsammans, och ett, hvars tjocklek är föga mer än J5 af det af Melloni använda, absorberar öfver 97 procent.

Af denna vattnets atermansi för strålningen från vattenånga kunna vi omvändt sluta till samma egenskap hos den sistnämnda i afseende på strålningen från flytande vatten, och häraf draga den slutsats, att den nattliga afkylning, som föranleder vattnets kondensation på jordytan, gifver åt denna sistnämndas utstrålning just den egenskapen att kunna lätt absorberas af den fuktiga atmosferen och sålunda hindras från att försprida sig i rymden.

Låtom oss dröja ett ögonblick vid denna punkt! Oljbil-dande gas, som innehålles i en profcylinder af 4 fots längd, absorberar 80 procent af värmet från en mörk källa. Ar gas-lagrets tjocklek endast 2 tum, uppgår absorptionen likväl till 33 proc.; är den 1 tum, blir den 26 proc., och tillochmed om det förtunnas till Tlff tum, förmår det ännu upptaga en märkbar del af strålningen. Låtom oss då undersöka, hvilken inverkan ett lager af ifrågavarande gas, som omgåfve det fasta jordklotet på ett litet afstånd ofvanför dess yta, skulle utöfva på dess temperatur! Gasen är genomskinlig; den skulle alltså ej hindra solens lysande strålar från att framkomma till jordytan. Men här skulle detta lysande värme förvandlas till mörkt; af detta sednare skulle åtminstone 26 procent absorberas af ett dylikt lager af en enda tums tjocklek och till största delen återsändas till jorden igen. Så tunnt detta öfverdrag än vore, skulle det ändock vara tillräckligt att hålla jordytan vid en nästan qväfvande temperatur.

För några år sedan utgafs ett arbete, utmärkt af en snillrik och elegant stil, som afsåg att bevisa, det vårt solsystems aflägsnare planeter äro alldeles obeboeliga. Författaren tillämpade lagen om de omvända qvadraterna (sid. 159) på dessa verldskroppar och fann sålunda, att de qvantiteter af ljus och värme, som de mottogo från solen, voro så ytterst ringa, att man bestämdt måste förneka möjligheten af menniskors tillvaro på dessa fjerran belägna klot. Olyckligtvis förbisåg han vid dessa beräkningar det inflytande, som ett atmosferiskt öfverdrag kring dessa planeter kunde utöfva, och detta förbiseende gjorde•231

hela beviset falskt. Man kan mycket väl tänka sig en atmosfer, som verkar liksom en "fälla" för solstrålarne, som tillåter ether-vågorna att framtränga till planeten, men hindrar dem att åter bortgå derifrån. Ett luftlager af endast två tums tjocklek, mättadt med svafvel-ether-ånga, skulle erbjuda föga hinder för solstrålarnes inträngande, men absorbera fullt 35 procent af strålningen från planeten; det skulle ej behöfva vara särdeles tjockt, för att åstadkomma dubbelt så stor verkan. Under ett dylikt skyddande hölje skulle tvifvelsutan en ganska dräglig temperatur kunna underhållas på den aflägsna himlakroppens yta.

Miller var den förste, som slöt, att vätgaslågans strålar måste nästan uteslutande vara af det ultra-röda slaget, på

grund deraf att de ej förmå framtränga genom glas, och denna slutsats har af mig blifvit på direkt väg bekräftad sålunda.

Inom en lanterna af metallbleck ställdes en gasbrännare, hvars låga kunde, medelst en särskild anordning, matas omvexlande med lysgas eller med ren vätgas, alltefter behag. Dess strålar framsläpptes genom en smal springa och brötos derefter genom en lins och ett prisma likasom i bild 70, (sid. 147), ehuru med den skilnad att båda nu voro af bergsalt i stället för af glas. Det sålunda erhållna spektrums värmegrad undersöktes derefter medelst en sådan linieformad termo-elektrisk stapel, som bild 71 (sid. 148) visar.

Till en början användes den lysande lågan; medelst stapeln uppsöktes den punkt af dess spektrum, der värmet uppnådde sitt maximum; denna punkt låg ett stycke utom den röda ändan, och galvanometer nålens motsvarande utslag var 30°.

Derefter ersattes lysgas- med vätgas-lågan; det synliga spektrum försvann dervid så godt som helt och hållet, och utslaget nedgick till 12°. Flyttades stapeln en hårsmån åt ena eller andra sidan, minskades utslaget ytterligare, hvaraf framgick, att värmets maximi-punkt äfven i detta fall befann sig på samma ställe.

Jag flyttade då stapeln ett litet stycke framåt, ända tills utslaget utgjorde blott 4°, och antände derefter åter lysgasen för att utröna färgen på de strålar, hvilka tillhörde denna trakt af spektrum. De befunnos vara röda. Då stapeln derefter flyttades fram genom de trakter, som motsvarade de öfriga färgerna äfvensom de ultra-violetta strålarne, frambragte vätgaslå-gan intet mätbart utslag; dess värmestrålning är alltså nästan uteslutande af det ultra-röda slaget.

Men om en blandning af vätgas och syrgas får framströmma genom en fin öppning, antändes och träffar ett stycke krita, så försättes detta i häftig glödning och utsänder ett så starkt ljus,•232

det s. k. kalkljuset, att ögat knappast förmår uthärda det. Dettas vibrationer måste alltså vara hastigare än vätgaslågans, hvarifrån det i sjelfva verket leder sitt upphof, och här hafva vi följaktligen, såsom Miller anmärkt, för oss en förvandling af långa eller osynliga perioder till korta eller synliga. Ett dylikt exempel, ehuru i mindre skala, erbjuder ock en platinaspiral, som försättes i glödning genom att hållas i en vätgaslåga; dess ljus är vida starkare än den sednares ensam för sig. Denna förkortning af perioderna måste öka dissonansen mellan värmekällan och de af oss bär ofvan undersökta genomskinliga vätskorna, hvilkas perioder äro långa, samt följaktligen också öka deras diatermansi; och denna slutsats bekräftas af följande tabell öfver de värmemängder, uttryckta såsom procent af det bela, hvilka genomsläppts af ifrågavarande vätskor i lager af två olika tjocklekar.

Procent genomsläppt värme.

Vätskelagrets tjocklek Vätskelagrets tjocklek 1 millim. lf millim.

1. Vätgaslågan 2. Lågan 1. Vätgaslågan 2. Lågan Vätskor. ensam med spiral ensam med spiral

Kolsvafla..... 77,7 ...... 87,2 ...... 70,4......86,o

Chloroform .... 54,o...... 72,8 ...... 50,7 ...... 69,o

Methyljodid . . . 31,6 ...... 42,4 ...... 26,2 36,2

Ethyljodid .... 30,3 ...... 36,8 ...... 24,2 32,6

Benzol......24,i...... 32,6 ...... 17,9 28,8

Amylen...... 14,9 ...... 25,8 ...... 12,4 24,3

Svafvel-ether. . . 13,i......22,6...... 8,i......22,o

Ättik-ether. ... 10,i......18,3...... 6,6......18,5

Alkohol...... 9,4......14,7...... 5,8......12,3

Vatten...... 3,2...... 7,5...... 2,o...... 6,4

På grund af det anförda äro vi nu i tillfälle att ganska lätt förklara åtskilliga fakta, hvilka länge nog stått som olösta gåtor i teorien för det strålande värmet. Fordom ansåg man, att dettas förmåga att genomtränga diatermana kroppar alltid ökades med värmekällans temperatur. Knoblauch uppträdde mot denna åsigt; han visade, att det värme, som utstrålades från en platinaspiral, hållen i en alkohol-låga, lättare genomträngde en genomskinlig glasskifva, än strålarne från lågan ensam; och likväl måste den förra källans temperatur uppenbarligen vara lägre än, eller på sin höjd iika stor som den sednares. Melloni fortsatte dessa undersökningar; han fann, att af lågans värme genomsläppte glaset 41,2, af platinaspiralens 52,8 procent. Förhållandet är naturligtvis här detsamma som nyss med de•233

genomskinliga vätskorna; alkohollågans mest strålande ingredienser äro het vattenånga och kolsyra, hvilkas perioder äro långa och hvilkas vågor derföre lätt absorberas af det genomskinliga glaset; perioderna förkortas genom platinaspiralens införande, dissonans uppkommer, och absorptionen minskas.

Genomskinlig selenit, använd i stället för glas, åstadkom af samma skäl samma verkan; af lågans värme genomsläppte den 4,4, af spiralens 19,5 procent.

Men rakt motsatt var förhållandet med svart glas och svart glimmer; här blef procenten af det genomsläppta värmet:

Från alkohollågan Från platinaspiralen

Svart glas..... 52,6 42,8

Svart glimmer. . . 62,8 52,5

och minskades sålunda genom periodernas förkortning. Melloni lemnade ingen förklaring af detta förhållande, hvilket förefaller oss helt naturligt. De båda nämnda svarta kropparne innehålla nemligen kol, hvars ogenomskinlighet för ljuset bevisar öfverensstämmelse mellan dess egna perioder och det synliga spektrums ; under det å andra sidan detsamma, enligt hvad vi förut (sid. 192) sett, är ganska diatermant för mörkt värme, d. v. s. för långa vågor. Genom förkortning af källans perioder ökas derföre här konsonansen, och följaktligen äfven atermansien.

KAP. XIII.

Mörka värmestrålar. — Herschels och Müllers undersökningar. — Den osynliga ether-rörelsens förstärkning vid stigande temperatur. — Värmets fördelning i det elektriska spektrum. — Jodlösning använd som "såll". — Calorescens. — Termograf. — Andra verkningar af de koncentrerade ultra-röda strålarne. — Franklins försök öfver färgens inflytande på absorptionsförmågan. — Näthin-' näns känslighet för ether-rörelse af synlig period. Bihang: Om ljusets mekaniska eqvivalent.

Denna dags föreläsning vill jag egna åt en utförligare behandling af de ultra-röda värmestrålarne. Vi hafva redan flere gånger hört talas om dem; vi veta, att de antingen absorberas af ögats vätskor och således aldrig framtränga till dess näthinna, •233

genomskinliga vätskorna; alkohollågans mest strålande ingredienser äro het vattenånga och kolsyra, hvilkas perioder äro långa och hvilkas vågor derföre lätt absorberas af det genomskinliga glaset; perioderna förkortas genom platinaspiralens införande, dissonans uppkommer, och absorptionen minskas.

Genomskinlig selenit, använd i stället för glas, åstadkom af samma skäl samma verkan; af lågans värme genomsläppte den 4,4, af spiralens 19,5 procent.

Men rakt motsatt var förhållandet med svart glas och svart glimmer; här blef procenten af det genomsläppta värmet:

Från alkohollågan Från platinaspiralen

Svart glas..... 52,6 42,8

Svart glimmer. . . 62,8 52,5

och minskades sålunda genom periodernas förkortning. Melloni lemnade ingen förklaring af detta förhållande, hvilket förefaller oss helt naturligt. De båda nämnda svarta kropparne innehålla nemligen kol, hvars ogenomskinlighet för ljuset bevisar öfverensstämmelse mellan dess egna perioder och det synliga spektrums ; under det å andra sidan detsamma, enligt hvad vi förut (sid. 192) sett, är ganska diatermant för mörkt värme, d. v. s. för långa vågor. Genom förkortning af källans perioder ökas derföre här konsonansen, och följaktligen äfven atermansien.

KAP. XIII.

Mörka värmestrålar. — Herschels och Müllers undersökningar. — Den osynliga ether-rörelsens förstärkning vid stigande temperatur. — Värmets fördelning i det elektriska spektrum. — Jodlösning använd som "såll". — Calorescens. — Termograf. — Andra verkningar af de koncentrerade ultra-röda strålarne. — Franklins försök öfver färgens inflytande på absorptionsförmågan. — Näthin-' näns känslighet för ether-rörelse af synlig period. Bihang: Om ljusets mekaniska eqvivalent.

Denna dags föreläsning vill jag egna åt en utförligare behandling af de ultra-röda värmestrålarne. Vi hafva redan flere gånger hört talas om dem; vi veta, att de antingen absorberas af ögats vätskor och således aldrig framtränga till dess näthinna,•234

eller ock sakna förmåga att inverka på densamma. De kallas derför osynliga strålar.

I sjelfva verket är detta sistnämnda uttryck något missledande, ty alla strålar äro såsom sådana osynliga; vi kunna icke se sjelfva ljuset. Ute i verldsrymden skulle vi befinna oss i fullkomligt mörker, oaktadt ljusvågorna från solen och alla stjernor ila fram derigenom. Visserligen skulle vi se sjelfva dessa lysande kroppar, men i samma ögonblick vi vände oss bort från en af dem, skulle dess ljus försvinna för oss, oaktadt ethern rundtomkring upprördes af dess vågor. Ty vi kunna ej se sjelfva denna ether och dess rörelser. Noga räknadt är det derför ej fullt rätt att skilja mellan synliga och osynliga strålar eller vågor, men efter vedertaget språkbruk vilja vi emedlertid fortfarande begagna dessa uttryck i stället för de längre: sådana som förmå eller icke förmå att inverka på synnerven.

Att ifrågavarande ultra-röda strålar upptäcktes i solljuset af W. Herschel, är redan nämndt. De observationsmedel, hvaröfver han egde att förfoga, voro efter nutida begrepp temligen inskränkta, men liksom Newton förstod han att med små resurser vinna stora resultat; han förde helt enkelt en termometerkula genom de särskilda färgerna i solspektrum, observerade temperaturen i hvarje och fann dervid, att värmet i sjelfva verket uppnådde sitt maximum utanför gränsen af det synliga spektrum,

TVi kunna efter hans eget föredöme lätt åskådliggöra hans resultat genom att representera termometerns större eller mindre stigning i hvarje punkt genom en rät linie af motsvarande storlek. Draga vi först en vågrät linie AE (bild 98), som föreställer spektrums längd, och från dess särskilda punkter per-pendiklar, hvilkas höjder angifva temperaturerna derstädes, så erhålles genom sammanbindning af dessas ändpunkter en kurva, hvilken vid ett enda ögonkast visar värmets fördelning i solspektrum. Bokstafven E angifver en punkt i det blå fältet, hvarest värmet först blir märkbart; från E till D, som betecknar gränsen för den röda färgen, ökas temperaturen oupphörligt,

Bild 98.•235

såsom man ser af kurvans stigning. Vid D slutar det synliga spektrum, men det osynliga sträcker sig derifrån till A, hvarest det upphör. Enligt Herschels bestämningar angifver alltså den hvita arean BDE hela värmebeloppet af solens synliga utstrålning, den mörka ABB beloppet af dess osynliga.

Med den vida fullkomligare apparat, som sedermera uppfanns af Melloni (bild 71 sid. 148), bestämde Müller i Freiburg samma värmefördelning, och hans resultat äro grafiskt framställda efter samma princip i bild 99, hvarest arean DCE föreställer den synliga, och AB CD den osynliga utstrålningen.

Innan jag öfvergår till en framställning af mina egna iakttagelser i samma väg, vill jag förutskicka några anmärkningar. Som bekant äro redan vid vanlig temperatur

hvarje fast kropps molekuler stadda i rörelse, men dess utsända strålar äro af för liten brytbarhet, eller m. a. o. dess vågor för långa att åstadkomma förnimmelsen af ljus. Om kroppens temperatur gradvis ökas, införas alltjemt vågrörelser af kortare period i dess strålning; vid en viss värmegrad börjar den utsända ljus, som, enligt hvad Dräper visat, till en början är rödt, och sedermera innehåller successivt de mera brytbara färgerna.

Men jemte det att sålunda nya slags vågrörelser införas, ökas äfven de förras intensitet. En dallring af en viss period, som förefanns hos kroppens molekuler, under det den befann sig vid låg temperatur, fortfar ännu, då den är hvitglö-dande, men dess amplitud är då utomordentligt förökad. Och derför kunna äfven i sjelfva verket värmestrålar från en mörk kropp aldrig täfla i styrka med mörka värmestrålar af alldeles samma brytbarhetsgrad från en glödande.

Ett numeriskt exempel må anföras som bevis härpå. En platinaspiral insattes i en ogenomskinlig lanterna och upphettades medelst en derigenom ledd elektrisk ström, hvars styrka ökades gradvis; spiralens strålar framsläpptes genom en smal springa, samt brötos och sönderdelades medelst linser och prismer af bergsalt. I det sålunda erhållna spektrums ultra-röda del placerades en linieformig termo-elektrisk stapel; den flyttades under hela undersökningen ej en hårsmån från sin plats och

Bild 99.mottog således alltjemt endast osynliga strålar af samma brytbarhet eller våglängd. Huruledes deras intensitet deremot förändrades, under det spiralens temperatur höjdes, synes af följande öfversigt.

Mörk.......................................1

Mörk.......................................6

Knappast röd..............................10

Svagt röd.................................13

Röd.......................................18

Starkt röd.................................27

Orangefärgad..............................60

Gul. 93

Fullkomligt hvit.............122.

Detsamma, som här blifvit sagdt om platinaspiralen, gäller äfven om de kolspetsar, som af den elektriska strömmen försättas i glödning. Jemte de utomordentligt lysande strålar, som vid tillräckligt stark ström utgå från dem, förekomma äfven mörka; och vi skola nu sysselsätta oss med frågan om den värmestyrka, det belopp af mekanisk kraft, som tillkommer hvarje särskildt slag af dem.

För detta ändamål har jag användt en linie-formad termo-elektrisk stapel af det meranämnda slaget, konstruerad af Ruhm-korff och af yppersta beskaffenhet. Springan framför sjelfva stapeln bildades af tvenne polerade silfverplåtar, och dess bredd utgjorde vid undersökningen endast 0,7t; millimeter; den fördes medelst, en vef långsamt framåt genom spektrum från ett starkt elektriskt ljus, utveckladt af 50 Groves element, som bröts genom linser och prismer af bergsalt, Hvarje vefslag flyttade springan en millimeter framåt; i de trakter af spektrum, der värmegraden endast småningom förändrades, aflästes den med stapeln förenade galvanometernålens utslag endast för hvarannan kringvridning af vefven; der åter värmets variation försiggick mera plötsligt, och således större noggrannhet erfordrades, gjordes ända till fyra afläsningar för hvarje helt vefslag.

De sålunda erhållna värdena på värmestyrkan i spektrums särskilda punkter upptecknades grafiskt efter samma princip, som blifvit, tillämpad i bilderna 98 och 99. Mer än tolf gånger genomgick jag på samma sätt bela

spektrum och konstruerade för hvarje gång en särskild kurva; då dessa sedermera lades öfver hvarandra, visade sig en nästan fullkomlig öfverensstämmelse dem emellan. Närstående bild 100, som sålunda erhållits, angifver mecl ganska stor noggrannhet värmefördelningen; ytan ABCD angifver den osynliga, C DE den synliga strålningens

Spiralens utseende

De osynliga strålarnes intensitet237

Bild 100.•238

belopp. Som man ser, ökas värmegraden långsamt från spektrums blå fält mot dess röda ända, men i de ultra-röda strå-larnes trakt bildar kurvan belt tvärt en brant böjd — ett riktigt Matterhorn af värme — hvarefter den ännu plötsligare åter sänker sig ned.

Hvad som genast faller i ögonen vid en jemförelse mellan bilderna 99 och 100, är de mörka värmestrålarnes ofantliga öfvervigt i det elektriska spektrum. Den förra bilden visar, att förhållandet mellan solens osynliga och synliga strålning är ungefär som 2 : 1; den sednare deremot, att i de elektriska kol-spetsarnes strålning är nämnda förhållande i det närmaste 8:1. Denna olikhet är lätt förklarlig; solstrålarne måste ju, innan de framkomma till våra spektral-apparater, genomgå atmosferen, hvars vattenånga utöfvar en betydande absorption just på deras mörka värme. Låter man det elektriska ljuset före dess inträde i prismat genomgå ett vattenlager af tillräcklig tjocklek, så försätter man det i ungefär samma situation som solljuset vid dess framkomst till jordytan, och det sållade elektriska ljusets spektrum företer då också en värmefördelning, mycket liknande den i bild 99 angifna.

Så brant den i bild 100 tecknade kurvan än nedstiger å ömse sidor om sin högsta punkt, gör den det likväl, enligt hvad de noggrannaste undersökningar visat, fullkomligt oafbrutet och kontinuerligt. Efter hvad J. Herschel funnit, eger samma förhållande ej rum i solspektrum, åtminstone sådant det bildas af ett llintglasprisma. Han lät detta spektrum falla på ett mecl alkohol fuktadt svart papper, och bestämde dess olika trakters värmestyrka medelst den tid. som åtgick för papperets torkning på motsvarande ställen; den våta ytan torkade då i fläckar, som uppenbarligen motsvarade värme-maxima och voro åtskilda af trakter af mindre värmestyrka. Intet dylikt har jag funnit hvarken i spektrum af det elektriska ljuset eller i det af en till starkaste glödning upphettad platinatråd — och detta, fastän linser och prismer af både flintglas, kronglas och bergsalt begagnades, ja oaktadt ljusstrålen fick före inträdet i prismat genomgå absorberande lager af, vare sig, vatten, gaser eller ångor, hvilka naturligtvis i hög grad minskade dess värmekraft.

Såsom redan är nämndt, kunna strålarne från en mörk källa aldrig täfla i värmekraft med de mörka strålarne från en lysande; ingen icke-glödande kropp förmår utsända ether-vågor af en styrka, jemförlig med dem i det elektriska spektrums maximi-region. Om vi derföre vilja åstadkomma starka värme-verkningar medelst mörka strålar, måste vi använda sådana, som utgå från lysande källor, och frågan blir då den, huru•239

dessa osynliga strålar skola kunna skiljas från sina synliga följeslagare.

Man kunde ju, tyckes det, helt enkelt afstänga medelst en mörk skärm den synliga delen af det elektriska spektrum och sålunda få de ultra-röda strålarne ensamma qvar; och på detta sätt förfor äfven W. Herschel vid sina arbeten med solspektrums mörka beståndsdelar. Men olyckligtvis måste man, för att åstadkomma ett noggrannt åtskiljande af detta slag, låta ljuset framtränga genom en ytterst smal springa, och hela värmebeloppet blir derigenom för obetydligt för det afsedda ändamålet. Vi måste följaktligen använda "sållning"; vi måste skaffa oss ett ämne, som absorberar fullständigt de lysande strålarne och genomsläpper åtminstone i det närmaste samtliga de ultra-röda.

Ett sådant ämne måste uppenbarligen vara för det första en enkel kropp, ett element, för det andra fullt ogenomskinligt; och intet annat lämpar sig i sjelfva verket bättre för ändamålet än jod. Densamma måste emedlertid användas i upplöst tillstånd *), och sjelfva lösningsmedlet utöfvar naturligtvis stort inflytande; det kan t. ex. ej ifrågakomma att använda alkohol dertill, enär denna vätska kommer vatten närmast i förmåga att förstöra ultra-röda strålar.

Lyckligtvis tinnes det en vätska, som på en gång har förmåga att upplösa jod i stor mängd och tillika sjelf är ytterst diaterman; det är kolsvafla. Den sålunda erhållna lösningen är utomordentligt mörk och i lager af tillräcklig tjocklek alldeles ogenomskinlig; den absorberar alltså fullständigt alla vågrörelser, som ligga mellan det, synliga spektrums gränser. Att joden i denna lösning är lika fullständigt diaterman för mörkt värme, framgår deraf, att den genomsläpper hela värmestrålningen såväl från en icke-glödande platinaspiral, som från en sotad Leslies kub vid 100° eller en vätgaslåga, samt absorberar af strålningen från

en oljelåga endast 3 procent

en gaslåga 4 „

en hvitglödande| platinaspiral 4,6 „ elektriskt ljus 11 „

Isynnerhet det sist anförda resultatet är högst beaktansvärdt. 11 procent af det elektriska ljusets strålning absorberas af joden,

*) Sådant behöfves deremot icke för brom, som redan vid vanlig temperatur har vätskeform och äfven utöfvar på strålarne enahanda inverkan som joden; men den afdunstas, isynnerhet vid den uppvärmning som åtföljer absorptionen, mycket starkt och angriper dervid både ögon och lungor på det häftigaste.•240

89 genomsläppas alltså; det sednare beloppet är i det närmaste 8 gånger så stort som det förra. Men den mörka arean AB CD i bild 100 är också i det närmaste 8 (nogare 7,7) gånger så stor som arean CDE, och dermed är ganska bestämdt ådagalagdt, att joden just åtskiljer de båda slagen af strålar, de mörka och de lysande, från hvarandra.

Men å andra sidan erbjuder ock den ifrågavarande jodlösningen en väsentlig olägenhet. Kolsvaflan är nemligen på en gång ytterst flyktig — den kokar redan vid 48° — och tillika lätt antändlig; då lösningen användes som "såll" för det elektriska ljuset, upphettas den naturligtvis genom absorptionen högst betydligt, och faran för antändning blir derigenom mycket stor. För att åtminstone nedsätta den så mycket som möjligt, träffades omsider den anordning, som bild 101 visar i genomskärning, och bild 102 sedd framifrån. ABB är den elektriska lampans camera; xy en hålspegel, som återkastar strålarne och

Bild 101. Bild 102•241

förenar dem i en brännpunkt k. Dessförinnan måste de emedlertid genomgå såväl en bergsaltskifva, som den af tvenne dylika inneslutna jodlösningen mn, hvars ånga bortgår genom ett långt rör vid o. Både bergsaltet och jodlösningen hållas afkylda medelst kallt vatten, som inträder genom röret r i det ringformiga kärlet ss och, sedan det här uppvärmts bortflyter genom h.

Med denna apparat, i hvilken den elektriska strömmen utvecklades af en kraftig, af 50 Groves element bestående stapel,1 erhöllos i den fullkomligt mörka brännpunkten k följande verkningar.

Ett stycke silfverblad fästades i en ring af metalltråd och svärtades medelst ångor af svafvel-ammonium; då det derefter hölls i brännpunkten, blef det svarta öfverdraget lifligt glödande. Ett på samma sätt behandladt kopparblad gaf enahanda resultat.

Ett platinablad, öfverdraget med platinasvart *), sattes i en lufttom re-cipient och infördes derefter i brännpunkten. Dennes värme förvandlades dervid ögonblickligen till ljus, och en tydlig omvänd bild ("termograf", bild 103) af de glödande kolspetsarne syntes på metallen.

Kunna således verkligen mörka värmestrålar förvandlas till lysande? Det tyckes väl så af dessa sista försök, såframt nemligen inga andra än ultraröda strålar framsläppas genom joden till brännpunkten, d. v. s. hvarken lysande eller ultra-violetta. Ett sådant resultat vore i teoretiskt hänseende af stort intresse; Stokes har (sid. 149) uppvisat möjligheten att göra ultra-violetta strålar synliga, d. v. s. att förvandla dem till andra af lägre brytbarhet och större våglängd — ett fenomen, som han benämner fluorescens; det här ifrågavarande vore naturligtvis ett förlopp af rakt motsatt beskaffenhet. För att vinna full säkerhet i nämnda hänseende förfor jag sålunda.

Sedan alla fogar af lampans camera blifvit noggrannt till-slutna, och dagsljuset utestängdt från rummet, sattes mellan

*) Med det sednare förstås platina i ytterst finfördeladt tillstånd eller i form af ett svart pulver. Det erhålles i denna form, om en lösning af platinachlorid reduceras med zink eller med socker och kolsyradt natron. O. A.

1 fi

Tyndall, Värmet.

Bild 103.jodlösningen och brännpunkten, hvars plats förut blifvit noggrannt bestämd, ett kärl med alunlösning för att absorbera det mörka värmet, och derpå närmade jag ögat långsamt och försigtigt till brännpunkten. Vid dess ankomst dit visade sig ett egendomligt fenomen; lampans glödande kolspetsar syntes, svarta mot en mörkröd bakgrund. Alla deras rörelser kunde följas, och när de bragtes i beröring med hvarandra, varsnades mellan spetsarne ett hvitt mellanrum. De syntes upprätta. Deras mörka färg var uppenbarligen endast relativ; de upptogo nemligen af det från spegeln xy (bild 101) återkastade ljuset mera, än de genom sin egen direkta strålning kunde ersätta.

Den använda jodlösningen, hvars tjocklek var 30,5 millimeter, var alltså ej tillräcklig att utestänga allt ljus, och jag anordnade derför två andra kärl, det ena med väggar af genomskinligt bergsalt, det andra af glas; det förras vidd var 50,8 millim., det sednares nära 64. Då båda fylldes med jodlösning och insattes i stället för det förra efter hvarandra i den elektriska strålens väg, kunde ej, då ögat på samma sätt fördes till brännpunkten, något tecken till ljus förmärkas.

Jag borttog då alunlösningen och närmade åter ögat till brännpunkten; hettan var odräglig, men tycktes mer angripa ögonlocken, än sjelfva näthinnan. I en metallskärm borrades derför ett hål, något större än pupillen; ögat hölls derbakom och närmades sålunda åter till samma punkt. De koncentrerade strålarne inträngde nu genom pupillen, men hvarken förmärktes något ljusintryck, ej heller angreps näthinnan märkbart af hettan. Ögat aflägsnades derifrån, och ett stycke svärtad platina sattes på alldeles samma ställe, der näthinnan nyss befunnit sig; det upphettades genast till liflig rödglödning *). Äfven med de aldra känsligaste medel och i fullkomligt mörkt rum lyckades det ej att erhålla ett spår af fluorescens i den mörka brännpunkten ; ett säkert bevis, att de genom joden framsläppta strålarne voro uteslutande ultra-röda. Att en icke obetydlig del af dem verkligen framtränger till näthinnan, skall emedlertid längre fram visas.

Det är af det föregående fullt bevisadt, att — hvad man fordom ej sällan betviflat — mörka värmestrålar kunna förvandlas till lysande, d. v. s. till strålar af större brytbarhet och mindre våglängd. Jag vill benämna detta fenomen calorescens i analogi med den af Stokes upptäckta fluorescensen; benämningen strål-transmutation, som Challis föreslagit, omfattar båda förloppen.

*) Det torde således ej vara nödigt att åtvarna för upprepandet af detta högst betänkliga experiment. Ö. A.243

Det är ock säkert, att denna calorescens försiggår omedelbart, d. v. s. utan förmedling af någon förbränning. Någon sådan kan naturligtvis ej ifrågakomma i lufttomt rum, men både svärtad platina, kol och cokes, inneslutna i en tom recipient, blefvo, då de fördes i den mörka brännpunkten, upphettade till hvitglödning. Deras dervid utstrålade ljus, undersökt med prismat, gaf samtliga spektralfärgerna, från rödt ända tillochmed violett. Ether-rörelse af lång period, som träffar dessa kroppars atomer, återvänder således från dem med kortare.

Bland öfriga verkningar, som erhållas genom dylik koncentrering af de ultra-röda strålarne, må följande nämnas. Tunna skifvor af tenn eller zink, införda i brännpunkten, smältas ögonblickligen; den sednare metallen fattar eld och förbrinner. Tändstickor eller cigarrer antändas, och krut exploderar. Märkvärdigt är att midt i ett fullkomligt mörkt rum se ett stycke svart papper plötsligt genomborradt af de osynliga strålarne, och en glimmande ring utbreda sig åt alla håll från antändningscentrum. Befinner sig papperet deremot inom en lufttom recipient, förkolas det utan eld; ur det genast bildade hålet framtränger en tjock röksky och sjunker som en kaskad ned till kärlets botten. Hålles det noggrannt i sjelfva brännpunkten, der bilden af de båda kolspetsarne är skarpt begränsad, blir en "termograf" af dem (bild 103) utbränd; papperet genomborras i två punkter, motsvarande de

båda spetsarne. Att den positiva kolspetsens hetta är större än den andres, visar sig deraf, att dess bild ut-brännes först samt i ett större hål, motsvarande dess egendomliga krater-liknande form.

Papper, öfverdraget med röd qvicksilfverjodid, blektes på de ställen, der det träffades af kolspetsarnes osynliga bild; dock inträdde denna reaktion vida långsammare, än jag hade väntat.

Deremot har det ej lyckats mig att smälta platina med det elektriska ljusets mörka strålar, och detta fastän ända till 100 element användes till strömmens frambringande, och äfven andra åtgärder voro vidtagna för att förstärka effekten. Sannolikt skulle det dock lyckas, om platina-svärtan på metallens yta kunde der qvarhållas; men denna förskingras ögonblickligen af den utomordentliga hettan, ytan blir derigenom speglande, och absorptionen hindras sålunda. Genom att öfverdraga platinan med lampsot har jag bragt den ända till gränsen af smältning ; på den afsvalnade metallen kunde man efteråt varsna tydliga tecken till att den börjat mjukna. Men äfven i detta fall förskingras det absorberande ämnet alltför hastigt. Koppar och aluminium, på samma sätt behandlade, uppbrännas genast.

16*•244

Den ljusbärande etherns isolering från luften blir vid dessa försök på ett öfverraskande sätt ådagalagd. Sjelfva luften i brännpunkten kan vara nästan iskall, oaktadt etherrörelsen skulle, om den deraf absorberades, meddela den nästan en eldslågas temperatur. En differential-termometer (bild 83 sid. 171) ger intet utslag på samma punkt, der platina blir hvitglödande.

Redan förut bar jag beskrifvit den anordning, som begagnats till förekommande af de af kolsvaflans lätta antändbarhet härrörande vådor. Sedermera har jag uttänkt följande enklare anordningar för vinnande af samma mål.

ABCD (bild 104) är en genomskärning af cameran, c kol-spetsarne, xy den försilfrade hålspegeln, som återkastar strålarne;

Bild 104.

op den öppning, hvarigenom de utgå. Spegelns afstånd från ljuskällan afpassas så, att de reflekterade strålarne blifva obetydligt konvergerande; på ett ganska stort afstånd från lampan träffa de den med jodlösning fyllda glasflaskan F (af ll—3 tums diameter), hvilken verkar på en gång som lins och som såll; i den punkt på andra sidan derom, der de mörka strålarne förenas, kunna förbrännings- och calorescens-fenomen frambringas. Platina kan här försättas i rödglödning på ända till 22 fots afstånd från källan.

Emedlertid försprider äfven den bästa spegel strålarne något. Detta hindras, och verkan förstärkes alltså, om man framför lampan anbringar ett inuti poleradt rör AB (bild 105), genom hvilket strålarne få framgå till flaskan. Med en stapel af 50 element kan platina sålunda försättas i hvitglödning i flaskans brännpunkt.

Vidare kan man ställa en glas- eller bergsalt-lins L (bild 106) af 2 tums diameter och 2,5 tums brännvidd i den reflek-245

Bild 105.

terade strålens väg, samt framför eller bakom densamme, men på temligen stort afstånd från lampan, det med

jodlösning fyllda kärlet mn. Ett reflekterande rör gör äfven här god nytta.

Slutligen kan man ock begagna anordningen i bild 107. De från den inuti cameran befintliga spegeln reflekterade strålarne träffa en annan dylik x'y' och förenas i dess brännpunkt, som kan vara

Bild 106.

Bild 107.•246

flere fot aflägsen från lampan. Strålarnes ljus uppfångas af kärlet mn, som kan ställas hvarsomhelst; i stället för kolsvafla användes emedlertid i detta fall heldre kolchlorid som lösningsmedel för joden.

Allt hittills har jag endast talat om det elektriska ljusets mörka värmestrålar, men alla glödande fasta kroppar utsända naturligtvis äfven sådana, och anmärkningsvärdt nog i samma mån mera, ju tätare kroppen är. Det s. k. Drummond'ska ljuset erhålles genom att rigta en antänd ström af syrgas och vätgas på en cylinder af vare sig kalk eller komprimerad magnesia; i sednare fallet blir ljuset hvitare, men innehåller mindre ultra-röda strålar, emedan det förra ämnet är vida fastare och tätare än den lätta och svampaktiga magnesian.

Slutligen har jag äfven anställt undersökningar af detta slag på solens mörka värmestrålar, hvilket emedlertid är förenadt med stor svårighet. Den dertill använda apparaten (bild

108) liknar i sina grunddrag det Newton'ska teleskopet. XY är en stor hålspegel af tre fots diameter, fästad vid bottnen af en cylinder, i hvars vägg är insatt det inuti svärtade, fyrkantiga tennröret AB; detta är öppet vid B och vid A försedt med en plan spegel xy, som bildar 45 graders vinkel mot rörets axel. Derframför är utskuren en öppning xo, ungefär 2 tum i qvadrat, i hvilken ett blad af svärtad platina är insatt. De från XY återkastade solstrålarne genomgå jodlösningen mn och samlas derefter på detta blad, som af dem upphettas, men likväl blott till rödglödning. I fullt dagsljus vore detta omöjligt att iakttaga, derest ej det lysande bladet syntes från B genom det mörka röret reflekteradt i spegeln xy.

Deremot voro de verkningar, som erhöllos genom koncentrering af hela solstrålningen, alldeles utomordentliga. Temligen stora och ej särdeles tunna blad af platina försvunno helt och hållet, då de utsattes i brännpunkten, liksom om de förvandlats

Bild 108.

Y

X•247

till ånga; en halftumstjock trädpinne brändes tvärt af, och papper uppflammade med nästan explosiv våldsamhet. Allt detta är en ytterligare bekräftelse på det förhållande, som framgår redan af en jemförande blick på bilderna 99 och 100, nemligen solljusets betydliga halt af lysande värme, i jemförelse med det elektriska. Trots ett vida mindre totalt värmebelopp, förmå likväl det elektriska eller Drummond'ska ljusets ultra-röda strålar att upphetta platina till hvit glödning, under det den högsta effekt i detta hänseende, som af de mörka solstrålarne kunde erhållas, var en klar rödglödning. En annan följd af detta betydliga belopp af lysande värme i solljuset var den stora olägenheten, att jodlösningen ytterst hastigt uppvärmdes och redan efter 2—3 sekunder råkade i full kokning.

I föregående försök har svart papper ofta användts, emedan de osynliga strålarne derpå inverka särdeles kraftigt. Man har således anledning förmoda, att dessa strålars absorption är beroende af färgen. Ett rödt pulver är rödt derföre, att strålar af högre brytbarhet absorberas deraf, men att de röda återkastas från dess partiklars gränsytor. Detta sistnämnda förhållande sträcker sig ofta äfven till de ultra-röda strålarne, och följden deraf blir, att om rödt papper hålles i dessas brännpunkt, det ofta nog knappast förkolas, under det svart ögonblickligen fattar eld. Följande tabell angifver olika slags pappers förhållande i en dylik brännpunkt.

Orange-fårgadt glanspapper .... Endast koladt Rödt ,, ... Knappast förändradt

Grönt och blått ,, ... Genomborradt i en liten glimman-

de ring

Svart ,, ... Genomborradt och genast antändt

Hvitt ,, ... Förkoladt, men ej genomborradt

Tunnt postpapper..........Mindre koladt än det föregående

Hvitt läskpapper..........Knappast förändradt

Brun makulatur...........Straxt genomborrad; en vackert

glimmande ring utbreder sig åt alla sidor

Tjockt hvitt sandpapper Brunt smergelpapper Matt svart papper....

Genomborradt af en glimmande ring Genomborradt och genast antändt.

Rödt papper absorberar föl jaktligen nästan alls icke de mörka strålarne; tillochmed det hvita öfverträffar det i nämnda hänseende. Ingnider man ett pappersblad med röd qvicksilfverjodid och håller det i brännpunkten, så erhålles en termograf af kol-spetsarne, i det den röda färgen gulnar; men denna färgvexling inträdde, mot min förmodan, temligen långsamt.•248

Yi äro nu i tillfälle att riktigt förklara ett sedan gammalt bekant försök af Franklin, ur hvilket åtskilliga falska slutsatser blifvit dragna. Han lade nemligen tygstycken af olika färger på snön och utsatte dem för solstrålarne. Dessas värme absorberades i mycket olika grad af de särskilda styckena, hvilka i mån af sin absorptionsförmåga nedsjönko mer eller mindre djupt i snön. På grund af dessa försök slöt F., att mörka färger absorbera bättre än ljusa; och denna slutsats tyckes allt hitintills hafva antagits för god utan någon inskränkning. Derest värme-utstrålningen från lysande källor bestode af endast lysande strålar, skulle vi visserligen helt lätt kunna af ett ämnes färg slita till dess förmåga att upptaga värme från sådana källor. Men denna förutsättning är, som vi nu sett, alldeles ogrundad; den ojemförligt största delen af alla jordiska källors värme är mörk, och äfven af solens utstrålning bildar den sistnämnda arten hufvuddelen.

Huru orätt det vore att utan vidare antaga Franklins lag för allmängiltig, visar bland annat en jemförelse mellan mörkt jod- och hvitt alun-pulver. Öfverdragas tvenne alldeles lika kort med hvarsitt af de båda pulvren och hållas en stund nära en eld, så behöfver man alls icke någon termometer för att finna, hvilketdera absorberat mest; hålles jodkortets baksida mot pannan, har man deraf ingen olägenhet, under det det andra kännes brännande hett. Resultatet blir alldeles detsamma, om man öfverdrager hvardera af en differential-termometers kulor med hvardera pulvret och håller ett glödande jernstycke midtemellan båda; eller förser de båda tennplåtarne i apparaten bild 79 (sid. 163) med dylika öfverdrag och, efter att hafva ställt en glödande metallkula midtemellan båda, iakttager den utvecklade termo-elektriska strömmens rigtning; det hvita pulvret absorberar alltid mer än det mörka, äfven om detta blifvit löst i kol-svafla och pålagdt jemnt med en pensel, så att det efter torkning är nästan så svart som sot.

Denna svårighet att upphetta jod medelst strålande värme beror naturligtvis på dess diatermansi; ether-rörelsen upptages ej af ämnets atomer. Strör man det i tillräckligt tjockt lager på en bergsaltskifva och ställer det i en värmestråles väg, så hindrar det visserligen dennas framträngande, men icke heller då genom absorption, utan genom upprepad inre reflexion; värmet återkastas från partiklarnes gränsytor; jodpulvret förhåller sig i afseende på detsamma på samma sätt som ett hvitt pulver med afseende på ljuset. Förhållandet är enahanda med vanligt stångsvafvel; äfven i form af tunna kakor genomsläpper det ej värmestrålar, men endast på grund af inre reflexion. Att det•249

ej absorberar värmet, synes tillräckligt af följande. Det tänder sig vid 244°; men ställes ett litet stycke deraf i den elektriska lampans mörka brännpunkt, der hettan är tillräcklig att i ett ögonblick göra ett platinablad hvitglödande, kräfves dock en ganska betydlig tid för att få det att fatta eld. Socker tänder sig vid en vida högre temperatur än svafvel, men emedan det absorberar bättre, smälter det och förbrinner genast, då det kommer i brännpunkten. Bordsalt deremot, ett lika hvitt pulver som sockret, kunde der knappast uppvärmas.

Ett ännu märkvärdigare exempel erbjöd dock vanlig fosfor. Ett litet stycke af detta ytterst lätt antändliga ämne kunde utsättas under tjugu sekunder utan att fatta eld i denna brännpunkt, der platinan genast blef hvitglödande. Fosforns smältpunkt är 44°, sockrets 160°, och likväl smälter i nämnda brännpunkt det sednare förr än det förra. Detta beror naturligtvis af fosforns diatermansi, som den har gemensam med andra enkla kroppar; en tunn skifva deraf, lagd mellan två bergsaltskifvor, genomsläpper mycket lätt det strålande värmet.

Ju mera diatermant ett ämne är, desto mindre uppvärmes det af strålningen; och derför kan ingen fullkomligt genomskinlig kropp upphettas af lysande värme. Ett kärl, hvars yta var betäckt med ett tjockt lager af rimfrost,

utsattes för de koncentrerade strålarne från en elektrisk lampa, hvilka förut fått passera genom vatten, och dessa sållade strålar förmådde ej smälta de fina isnålarne, ehuru de nog kunde tända eld på träd. Yi kunna göra en vigtig tillämpning häraf: det är ej de lysande, utan de mörka solstrålarne, som hvarje vår bortsmälta vintersnön från Alpernas sluttningar, och hvarje gletscher-ström, som brusar ned genom dessas dalar, är ett resultat af den osynliga strålningen. Den är det ock, som lyfter vattnet från hafvets yta till bergstopparne; de lysande strålarne tränga djupt ned i oceanen, men de andra absorberas nära dess yta och blifva det egentliga upphofvet till afdunstningen.

Ett par andra hithörande frågor må tillsist behandlas. Redan förut (sid. 174) har omtalats Mellonis metod att bestämma procenthalten af de synliga och osynliga strålarne i åtskilliga källor; densamma grundade sig på det antagandet, att alun framsläpper alla de förra (hvilket väl ock är i det allra närmaste sannt), samt absorberar alla de sednare. Är nu detta sistnämnda antagande i full öfverensstämmelse med verkliga förhållandet ?

Jag har i detta hänseende undersökt en alunlösning. Den jodlösning, som förut är omtalad, ställdes framför den elektriska lampan, och derbakom ett tomt glaskärl; de mörka strålarne,•250

som genomgått båda, åstadkommo ett galvanometerutslag af 80°. Derefter fylldes detta glaskärl med en koncentrerad alunlösning, och då blef utslaget 50°. Genom evaluering af galvanometer -graderna finner man häraf, att alunlösning en genomsläpper 20 procent af det genom joden framsläppta mörka värmet.

Vidare återstår frågan, huruvida de från lysande källor utsända mörka strålarne verkligen framkomma till ögats näthinna. Att så bör vara fallet, kunna vi väl på förhand vänta på grund af den förmåga, som dessa strålar hafva, att genomtränga åtskilliga vätskor, och Franz har äfven bevisat, att det verkligen är händelsen med de mörka solstrålarne. De omsorgsfulla och intressanta försök, som Janssen anställt, hafva också ådagalagt, att ögonvätskorna absorbera ett belopp af strålande värme, jemnt lika stort med det som upptages af ett vattenlager af samma tjocklek; och slutligen hafva de undersökningar, jag sjelf anställt på ett oxögas glasvätska, visat, att -J af de mörka strålar, som utsändas från ett kraftigt elektriskt ljus, verkligen uppnå näthinnan. Dessa utgöra, som vi sett (sid. 210), 89 procent af hela strålningen; | deraf blir ungefär 18 procent, således mer än halfannan gång de 11 procent, som åstadkomma ljusintrycket.

Häraf följer ett öfverraskande resultat. Medelst en fotometer finner man, att det nyss använda elektriska ljusets styrka är 1000 gånger större än den af ett vanligt vaxljus, eller kortligen 1000 enheter, då den sistnämnda styrkan tages till enhet. Beloppet af den mörka strålning från det elektriska ljuset, hvilken uppnår näthinnan, finnes, på grund af det nyss anförda, ur proportionen

11 : 18= 1000 :x vara ^000 , eller i rundt tal 1600. På ett afstånd af t, ex.

en fot, är således kraften af den elektriska strålning, som uppnår näthinnan, men ej förmår åstadkomma ljusintryck, 1,600 gånger större än strålningen från vaxljuset. Men under en klar natt kan detta sistnämnda ganska väl synas på ett afstånd af 5000 fot; dess styrka är då, enligt lagen för de omvända qvadraterna (sid. 159) endast * och således måste denna

ZO,U(JU,U(JU

multipliceras med 1600 . 25,000,000 eller fyrtiotusen millioner för att bringas upp till likhet med den elektriska strålning, som synnerven verkligen mottager från kolspetsarne på en fots afstånd — utan att alls förnimma den. Ingenting kan, tyckes mig, mera eftertryckligt förtydliga det egendomliga samband, som eger rum251

mellan synnervens och de lysande kropparnes vibrationsperioder; likasom en spänd sträng, svarar nerven till de dallringar, med hvilka den sjelf står i samklang, men afficieras ej det ringaste af andra vibrationer, äfven om deras styrka är snart sagdt oändligt öfverlägsen de förras.

När man ser ett fullt tydligt och klart ljus alldeles ur stånd att det ringaste inverka på de mest känsliga termometriska apparater, kan man i sanning börja betvifla, att ljus och värme verkligen äro samma sak. Det klara ljus, som genomgått både vatten och grönt glas, har enligt Melloni ingen märkbar värmekraft. Med månljuset, till

hvars termometriska undersökning jag i nästa kapitel skall återkomma, är förhållandet ungefär enahanda. Och likväl bevisar allt detta ingalunda otillförlitligheten af satsen om värmets och ljusets identitet, utan endast, att synnerven kan afficieras af en ether-rörelse, hvars lefvande kraft är oändligt ringa.

En tanke erbjuder sig måhända här: Skulle man ej kunna använda det strålande värmet till mist-signaler? Vore våra dimmor af samma fysiska beskaffenhet som den ofvannämnda jodlösningen, eller som chlor-, brom- och jod-gas, så vore det ju möjligt att från våra signallampor sända genom dem kraftiga värmestrålar, äfven om de ej framsläppte det ringaste ljus. Men olyckligtvis äro våra dimmor alldeles icke af sådan art. Vattnet, hvaraf de bestå, inverkar företrädesvis absorberande just på det mörka värmet, och detta förhållande tillika med synnervens nyss omtalade utomordentliga känslighet leder till den slutsats, att långt förrän signallampans ljus upphört att vara synligt, har dess strålande värme i gruud förlorat förmågan att inverka på äfven den mest känsliga termometriska apparat, som man ville använda till dess upptäckande.

Bihang till kap. XIII, Om ljusets mekaniska eqvivalent.

(Tillagdt af öfvers.)

Öfver ifrågavarande ämne, som uppenbarligen står i nära sammanhang med det sednast anförda, har en intressant undersökning anställts af Prof. J. Thomsen i Köpenhamn. Ett sammandrag af hans egna252

redogörelser derför (Förhandlingar vid de skandin. naturforskarnes nionde möte 3863, sid. 341 samt Poggendorffs Annalen, Bd. 125, sid. 348) må här meddelas, särskilt på^ grund af det öfverraskande resultatet. Undersökningen gick ut på att förvandla den synliga ether-rörelsen till osynlig genom dess absorption af den termo-elektriska stapelns svärtade yta, samt derpå bestämma dess absoluta mekaniska belopp *).

Till enhet för ljusstyrka antogs ett spermaceti-ljus' lågas, som förtär 8,2 gram material i timmen; hela den deraf utvecklade värme-mängden utgör vidpass 140011 i minuten. En del af detta värme bortföres af den genom lågan upphettade luften, återstoden utstrålas. Huru stor är denna sistnämnda del?

En termo-elektrisk stapel, uppställd på 8 decimeters afstånd från lågan, gaf ett galvanometerutslag, hvilket, behörigen evalueradt (sid. 194), utgjorde 36,5. Men detta mått är endast relativt, och för att finna dess verkliga värde, d. v. s. huru många värme-enheter verkligen utstrålades, måste man undersöka, huru stoit galvanometerutslag åstadkoms på samma instrument af en värmekälla, hvars utstrålnings absoluta belopp var på förband bekant. För detta ändamål uppställdes samma stapel på likaledes 8 decimeters afstånd från en med varmt vatten fylld glaskula, som under sin afsvalning utstrålade 102° i minuten. Dem.a frambragte på galvanometern ett evalueradt utslag af 17,8, och följer det således häraf, att hvarje galvanometergrad, under

nämnda förhållanden, motsvarar en utstrålning af = 5,76c i minuten. Sperinaceti-ljusets utstrålning utgjorde alltså 36,5 . 5,76c = 210° under samma tid, d. v. s. blott en sjundedel af lågans hela värme utstrålas, de öfriga f bortföras af luften.

För jemförelses skull bestämdes på samma sätt värme-utstrålningen från tre andra ljuskällor, nemligen en moderatör-lampa af 8,6 gånger, och två gaslågor af, respektive, 7,7 samt 1,2 gånger så stor ljusstyrka som normalljusets. Kesultaten blefvo följande.

Ljuskälla. Ljusstyrka Värme-utstrålning i minuten

för enhet af ljusstyrka

Spermaceti-ljus.....1 ....210°

Moderatör-lampa .... 8,6.............199

Gaslåga..........7,7.............199

„ ....1,2.............201.

Som medelvärde kunna vi således antaga, att en vanlig ljuslågas utstrålning för hvarje enhet af ljusstyrka är 200c

i minuten. Huru stor del häraf är ljus, d. v. s. lysande värme, och huru stor del mörkt ?

*) Af flere skäl har det synts mindre lämpligt att ändra de i nämnda afhandlingar begagnade måtts- och vigts-enheter. Följande anmärkningar må derföre förutsändas.

Den värmemängd, som upphettar ett kilogram vatten en grad, är uppenbarligen eqvivalent med det arbete, som lyfter ett kilogram 1426 fot = 423 meter högt, kortligen eqvivalent med 423 "kilogram-meter". Till värme-enhet (1°) är emedlertid i de liär anförda afhand-lingarne tagen blott 0,ooi af den nyssnämnda värmemängden, d. v. s. den som upphettar ett gram vatten en grad; lc är alltså eqvivalent med 0,423 kilogram-meter, eller en kilogram-meter med 2,36°.253

För att finna svaret på denna fråga lät T. strålarne från de nämnda källorna, innan de framkommo till stapeln, genomgå ett vattenlager af 20 centimeters tjocklek, inneslutet mellan plana glasskif-vor, hvilket — af skäl, som härnedan skola anföras — kunde antagas absorbera de mörka värmestrålarne så fullständigt som möjligt och genomsläppa endast de lysande. Efter denna sållning blefvo de återstående strålningsbeloppen följande.

Ljuskälla Ljusstyrka Strålning genom vatten i

minuten för enhet af ljusstyrka

Spermaceti-ljus . . .1 ....3,8°

Moderatör-lampa ... 8,6.............3,6

Gaslåga........7,7.............3,7

„ ....1,2.............3,2.

Medelvärdet af de i sista kolumnen anförda tal är ungefär 3,6, men detta måste dock undergå en liten rättelse. Allt ljuset genomgår nemligen ej vattenkärlet; en del deraf återkastas från glasskifvorna. Den sålunda uppkomna förlusten utgör 0,125 af det hela, och emedan således mot återstående

0,875 enhet af ljusstyrka svara 3,6°, måste mot 1 » ,» 4,ic.

Dessa 4,ic utgöra alltså hela den del af normalljuslågans lefvande kraft, ungefär 1400c, som användes till belysningen, d. v. s. till det egentligen afsedda ändamålet. Låtom oss uttrycka detta resultat i vanliga mekaniska arbetsenheter!

Den arbetsförmåga, som uträttar en kilogram-meter i sekunden, d. v. s. sextio sådana i minuten, är (se noten sid. 252) eqvivalent med en värme-utveckling af 60.2,36° =141,6° i minuten. Normalljusets styrka motsvarade 4,1° på samma tid, och qvoten .lélii är = 34,5;

alltså skulle en arbetsförmåga af en kilogram-meter i sekunden, om den kunde hel oeli hållen förvandlas till ljus, frambringa en ljusstyrka, 34,5 gånger så stor som normalljusets.

Häraf finner man ock, att en hästkraft (600 skålpundfot i sekunden) är eqvivalent med ljusstyrkan från tvåtusen sexhundra dylika ljus.

Så ytterst liten är ljusets mekaniska eqvivalent, och likväl är det här funna värdet ett maximum för densamma; mindre kan den möjligen vara, men bestämdt icke större. Att den här angifna vore för stor, skulle nemligen bero deraf, att äfven af de 4,1°, som genomgått vattnet, en del vore mörkt värme, d. v. s. att vattnet ej fullständigt absorberade detta sednare *). Af flere skäl anser emedlertid T. detta ej vara möjligt, eller att åtminstone det derigenom uppkomna felet är omärkligt. Strålarne från en Bunsen'sk gasbrännares låga, hvilken utsände 196° i minuten, absorberades nemligen helt och hållet af vattenlagret, men man behöfde blott hålla in en platinatråd i denna låga, så gingo strålarne genom vattnet och frambragte ett märkbart galvanometerutslag. För det andra absorberades de strålar från en

*) Deremot kan ej något lysande värme här hafva gått obeaktadt förloradt, ty ljusstyrkans förminskning vid genomgången af vattnet har ju särskilt uppmätts.254

lysande låga, hvilka genomgått vattnet, i mycket olika grad af olika färgade glasskifvor; det at dem frambragt» utslaget blef nemligen efter genomgången af

färglöst blått gult rödt grönt glas 9,0° 8,5° 8,o° 3,8° 0,3° under det alla dessa olikfärgade glasskifvor utöfvade i det närmaste samma absorption på de ursprungliga strålarne.

En bekräftelse på det här anförda resultatet har ock erhållits at M. Farmer (American Journal of Science, 1866, sid. 214), hvilken genom undersökning af elektriskt ljus funnit den ofvannämnda arbetsförmågan af en kilogram-meter i sekunden eqvivalent med ljusstyrkan af 33,1 — 42,9 normalljus.

"Det sätt", säger T., "hvarpå vi i allmänhet skaffa oss ljus, är följaktligen i hög grad slösaktigt; ty vi äro nödsakade att utveckla en värmemängd, 340 gånger större än den, som svarar mot den erhållna ljusmängden; ja, i många fall, t. ex. vid förbränning af gas i dåliga brännare, stiger ifrågavarande tal till nära 1000. Ju högre värmegrad lågan har, ju större mängd fasta partiklar kunna utfällas i densamma och vid sin hvitglödning utstråla ljus, desto större gagn hemtar man af det förbrukade belysningsmaterialet. Men huru man än må bete sig, blir ändock användandet af lågor till belysning allt annat än ekonomiskt, och beloppet af förbrukadt material mångfaldiga gånger större än hvad som fordras till frambringande af den värmemängd, som är eqvivalent med det utvecklade ljuset. Detta beror deraf, att ljuset i dessa fall utsändes från glödande kroppar, alltså från sådana, hvilkas temperatur ligger högt öfver oingifningens, och den afkylning, som blir en nödvändig följd af denna temperatur-olikhet, förorsakar utomordentlig förlust. Härmed är det dock ej afgjordt, att icke i framtiden en förändring kan inträda i detta hänseende; möjligen kan man då komma att till belysning använda kroppar, hvilkas värmegrad icke öfverstiger omgifningens, och hvilka ändock utstråla ljus.

Det gifves nemligen ett slags förlopp, hittills föga kända, vid hvilka ljus utvecklas, utan att man ändå kan iakttaga någon förhöjning af värmegraden; ja, man kan tillochmed få kroppar att lysa, oaktadt deras temperatur är lägre än omgifningens. Sådana kroppar kallas fosforescerande; de hafva den egenskapen att under längre tid utstråla ljus, om de först varit utsatta för t. ex. solstrålarnes inflytande. Sannolikt beror detta deraf, att nämnda strålar förorsaka en molekular-förändring hos kroppen, hvarvid förbindelsen mellan atomerna göres, så att säga, lösare; när kroppen derefter föres in i mörker, söker förbindelsen att åter inträda i sin fulla styrka, hvarvid en arbetsmängd utvecklas, som i detta fäll uppträder som ljus, under det den eljest vid kemiska processer i allmänhet framträder som värme och först då blir ljus, när kroppens temperatur blir tillräckligt hög. Ljusets obetydliga mekaniska eqvivalent, i förening med dess svaghet, gör det vid dessa tillfällen omöjligt att iakttaga någon värme-verk-ning, ehuru en sådan naturligtvis måste åtfölja hvarje ljus-utveckling.

Sannolikt skall det i en framtid lyckas att upptäcka de vilkor och förhållanden, hvarunder dessa fenomen företrädesvis utvecklas och framträda med större glans, än man hittills varit i tillfälle att iakttaga. Kommer man en gång derhän att kunna frambringa fosforescens-ljus af betydlig styrka, skall säkerligen en fullständig reform af våra belysningsapparater blifva följden deraf.•255

KAP. XIV.

Daggbildningen; Wells teori. — Daggens mängd är beroende af utstrålningen. — Mellonis upptäckt. — Månens värme-utstrålning. — Gasers spektra. — Absorptionssatsen. — De Fraunhoferska linierna. — Kirchhoffs teori om solen. — Beloppet af solens utstrålning; pyrheliometern. — Hypoteser om solvärmets underhållande; Mayers, Thomsons och Helmholtz' teorier. — Solens verkningar på vår planets yta. — Dess förhållande till jordens organiska lif.

Vår atmosfer innehåller som bekant alltid en större eller mindre mängd vattenånga, hvars kondensering frambringar våra moln, dimmor, regn, snö och hagel. Vi skola här sysselsätta oss med en särskild form af denna kondensering, beträffande hvilken oriktiga åsigter länge nog varit rådande, — jag menar daggbildningen. Den atmosferiska vattenångan utstrålar, som vi veta, mycket kraftigt, men spridd som den är genom massor af luft, hvilka mer än 100 gånger öfverträffa dess egen, måste den afgifva icke blott sitt eget värme, utan ock denna lufts, innan den kan uppnå sin kondenseringspunkt. Starkt utstrålande fasta kroppar på jordytan kunna derför afkylas

hastigare än sjelfva ångan, och på dem måste den derföre slå sig ned i form af vattendroppar eller tillochmed som rimfrost, oaktadt den några fot högre upp bibehåller gasform. Detta är den verkliga orsaken till det ifrågavarande fenomenet.

En engelsk naturforskare Wells har i grund studerat denna fråga; hans arbete deröfver utgafs 1818. Sina försök anställde han i en trädgård i Surrey, belägen tre eng. mil från Black-friars Bridge. För att uppsamla daggen använde han små bundtar af ull, som i torrt tillstånd vägde 10 eng. gram stycket; de utlades under en klar natt, och beloppet af den uppsamlade daggen röjde sig genom deras vigtsförökning. Det visade sig snart, att allt, som hindrade ullens fria utstrålning mot himmelen, också förminskade daggbildningen; lades en bundt under ett litet bord, bestående af en brädlapp på fyra korkar, och en annan derofvanpå, vann den sednare 14 gram i vigt, den förra endast fyra; lades en bundt under en pappskifva, böjd i form af ett vanligt tak, och en annan på gräset utan något dylikt skydd, vann den förra endast två gran, den sednare 16.

Är det ånga från jorden, eller fint regn från himmelen, som förorsakar ifrågavarande utfällning? Båda dessa åsigter hafva funnit försvarare. Att den ej kommer från jorden, är •255

KAP. XIV.

Daggbildningen; Wells teori. — Daggens mängd är beroende af utstrålningen. — Mellonis upptäckt. — Månens värme-utstrålning. — Gasers spektra. — Absorptionssatsen. — De Fraunhoferska linierna. — Kirchhoffs teori om solen. — Beloppet af solens utstrålning; pyrheliometern. — Hypoteser om solvärmets underhållande; Mayers, Thomsons och Helmholtz' teorier. — Solens verkningar på vår planets yta. — Dess förhållande till jordens organiska lif.

Vår atmosfer innehåller som bekant alltid en större eller mindre mängd vattenånga, hvars kondensering frambringar våra moln, dimmor, regn, snö och hagel. Vi skola här sysselsätta oss med en särskild form af denna kondensering, beträffande hvilken oriktiga åsigter länge nog varit rådande, — jag menar daggbildningen. Den atmosferiska vattenångan utstrålar, som vi veta, mycket kraftigt, men spridd som den är genom massor af luft, hvilka mer än 100 gånger öfverträffa dess egen, måste den afgifva icke blott sitt eget värme, utan ock denna lufts, innan den kan uppnå sin kondenseringspunkt. Starkt utstrålande fasta kroppar på jordytan kunna derför afkylas hastigare än sjelfva ångan, och på dem måste den derföre slå sig ned i form af vattendroppar eller tillochmed som rimfrost, oaktadt den några fot högre upp bibehåller gasform. Detta är den verkliga orsaken till det ifrågavarande fenomenet.

En engelsk naturforskare Wells har i grund studerat denna fråga; hans arbete deröfver utgafs 1818. Sina försök anställde han i en trädgård i Surrey, belägen tre eng. mil från Black-friars Bridge. För att uppsamla daggen använde han små bundtar af ull, som i torrt tillstånd vägde 10 eng. gram stycket; de utlades under en klar natt, och beloppet af den uppsamlade daggen röjde sig genom deras vigtsförökning. Det visade sig snart, att allt, som hindrade ullens fria utstrålning mot himmelen, också förminskade daggbildningen; lades en bundt under ett litet bord, bestående af en brädlapp på fyra korkar, och en annan derofvanpå, vann den sednare 14 gram i vigt, den förra endast fyra; lades en bundt under en pappskifva, böjd i form af ett vanligt tak, och en annan på gräset utan något dylikt skydd, vann den förra endast två gran, den sednare 16.

Är det ånga från jorden, eller fint regn från himmelen, som förorsakar ifrågavarande utfällning? Båda dessa åsigter hafva funnit försvarare. Att den ej kommer från jorden, är•256

tydligt deraf, att mera fuktighet samlade sig ofvanpå det nyssnämnda bordet, än under detsamma; att den ej är regn, framgår deraf, att dess mängd är störst just under de klaraste nätter.

Wells utlade derefter termometrar på samma sätt som förut ullbundtar och fann dervid, att just på samma ställen, der daggen föll rikligast, sjönk också temperaturen mest; båda förloppen gingo fullkomligt hand i hand. Ofvanpå det lilla bordet befanns temperaturen 5° lägre än derunder; under papptaket var den nära 6° högre än ute på gräset. Lades en termometer på en gräsbevuxen plats, sjönk den under en klar natt ofta 8° lägre än en annan, som hängde i fria luften fyra fot högre; en bomullstapp, placerad bredvid den förre, ökades också 20 gran i vigt,

bredvid den sednare endast 11. Icke blott artificiela skärmar, utan äfven skyar motverkade temperaturens fall och daggbildningen; W. såg en gång sin termometer, hvilken lagd på gräset, visade 7° lägre temperatur än luften några fot deröfver, stiga vid några skyars förbifart, ända tills skilnaden utgjorde endast 2°. Allteftersom molnen betäckte termometerns zenith eller försvunno derifrån, steg och föll qvicksilfverpelaren.

På dessa försök byggde W. den här ofvan till sina grunddrag framställda och numera allmänt antagna teorien. "Gräsets öfversta delar," säger han, "utstråla sitt värme i den tomma rymden, hvilken naturligtvis icke sänder något tillbaka; dess lägre delar är dåliga ledare och kunna derföre ej tillföra de öfre något värme från jorden; dessas temperatur sjunker alltså, och de kondensera på sig luftens vattenånga." Hvad han här säger om gräset, gäller också om andra kroppar på jordytan och uppenbarligen i samma mån mera, som deras utstrålningsförmåga är stor. W. såg ofta dagg i riklig mängd på gräs och måladt träd, under det alls ingen fallit på närbelägna sandgångar; utlagda metallskifvor voro ofta torra, under det angränsande föremål voro betäckta med vattendroppar — och i alla sådana händelser var äfven metallens temperatur högre ån de daggiga föremålens, naturligtvis på grund af dess ringa utstrålning. En metallskifva lades en gång på gräs, och derof-vanpå en termometer; efter någon tids förlopp var den sednare fuktig, ehuru den förra var torr. Detta ledde honom till den förmodan, att instrumentets temperatur ej var densamma som metallens, ehuru det hvilade derpå; han lade derför bredvid termometern en annan dylik med förgylld kula och snart angaf den sednare 5° högre temperatur än den förra. Det visar sig häraf, att det ej är så lätt, som man vanligen föreställer sig, att bestämma luftens verkliga temperatur; en på vanligt257

sätt fritt upphängd termometer gifver den visst icke alltid; dess egen absorptions- och utstrålnings-förmåga kommer med i spelet. På en klar solskensdag blir qvicksilfret varmare än luften, under en klar natt tvärtom. Vi hafva nyss sett, att ett förbi-farande moln kan höja termometerns temperatur 5° på några minuter; det säger sig sjelft, att detta alls icke innebär någon dylik höjning af den omgifvande luftens värmegrad.

Åtskilliga andra förhållanden har W. förklarat i sammanhang härmed och beriktigat många gängse villfarelser. Månblindhet tillskrifver han den förkylning, som förorsakas genom värme-utstrålning från ögonen; månljuset uppträder dervid endast som en följd af himmelens klarhet. Att samma ljus förorsakar förruttnelse, som man säger, har ingen annan motsvarighet i verkligheten, än att fuktighet slår sig ned på animaliska ämnen, som äro utlagda i fria luften. Att späda plantor dödas af frost, oaktadt luften i trädgården är några grader öfver fryspunkten, förklaras också lätt af det föregående. En skärm af en spindelväfs tjocklek kunde rädda dem *).

W. var den, som först förklarade istillverkningen i Bengalen, der detta ämne aldrig bildas af naturen sjelf. Man gräfver der grunda gropar, som till en del fyllas med halm, och på denna utsättas under klara nätter flata kärl med vatten; detta utstrålar dervid sitt värme, hvilket på grund af halmens ringa ledningsförmåga ej kan ersättas från jorden, och före soluppgången har en iskaka bildat sig i hvarje kärl. Till denna Wells förklaring vill jag emedlertid lägga en anmärkning: det är ej nog, att luften är Klar, den måste ock vara torr. De nätter, säger Barker, äro mest gynsamma för isbildningen, under hvilka föga dagg faller efter midnatt. Blir halmen i groparne våt, måste den utbytas mot torr; Wells anser detta bero af den våta halmens ledningsförmåga. Detta skäl är tvifvelsutan riktigt, men äfven ett annat tillkommer; från den våta halmen skulle vattenånga utvecklas, utbreda sig som en skyddande skärm öfver kärlen och hindra utstrålningen.

*) "Huru ofta har jag ej fordom," säger W. på detta ställe af sin bok, "med den halfva kunskapens öfverlägsenhet smålett åt de medel, trädgårdsmästare bruka använda för att. skydda sina plantor; det tycktes mig alldeles omöjligt, att någonting så obetydligt som en balmmatta kuude hindra dem från att antaga luftens temperatur — hvari jag naturligtvis på den tiden ansåg hela faran ligga. Då jag sedbrmera erfor, att kroppar på jordytan kunna under lugna och klara nätter antaga vida lägre temperatur än luften, insåg jag ock den verkliga grunden till detta, förut af mig såsom alldeles gagnlöst betraktade bruk".

Åtskilliga forskare hafva sedan W:s tid sysselsatt sig med frågan om den nattliga utstrålningen, men ehuru talrika faktiska uppgifter blifvit insamlade, har — med undantag af en vigtig sats af Melloni, som här nedan skall

anföras — intet af betydenhet blifvit tillagdt till sjelfva teorien. Emedlertid vill jag anföra några iakttagelser af Glaisher; han hängde termometrar på olika höjder ofvanför ett gräsbevuxet fält och observerade den afkylning, som egde rum för hvarje. Dennas belopp blef, då den utstrålning, som iakttogs vid sjelfva grässpetsarne, betecknas med 1000, följande:

En eng. tum öfver grässpetsarne 671

Två „ „ „ „ 570

Tre „ „ „ 477

Sex „ „ „ 282

En „ fot „ „ 129

Två „ „ „ „ 86

Fyra„ „ „ „ 69

Sex „ „ „ „ .... 52.

Man frågar nu belt naturligt efter orsaken till detta förhållande ; hvarför termometern, som ju utstrålar ganska bra, icke afkyles lika mycket uppe i fria luften, som nere vid jordytan. Wells har besvarat äfven denna fråga; instrumentet af kyler den luft, som närmast omgifver den; denna blir således tyngre och sjunker ned till jorden, under det annan varmare luft intager dess plats. Sålunda hindras den högt upphängda termometerns temperatur från att sjunka så djupt som den nere vid jorden befintliges, hvilken alltjemt omgifves af ett kallt luftbad. Att detta förlopp, likasom daggbildningen i allmänhet, förutsätter en fullkomligt lugn atmosfer, behöfver väl ej erinras.

När en utstrålande kropp är utsatt för en klar himmel, sträfvar den att hålla ett visst — kort sagdt —- termometriskt afstånd mellan sin egen och den omgifvande luftens värmegrad. Detta afstånds storlek beror naturligtvis af kroppens utstrålningsförmåga, men är deremot, märkvärdigt nog, temligen oberoende af temperaturen för tillfället. Så t. ex. fann Pouillet, att en gång i April månad, då lufttemperaturen var + 3,6°, afkyldes svandun genom utstrålning till - 3,5°; det termometriska afståndet var alltså 7,i°. Sedermera befanns i Juni månad, då luftens temperatur var -f 17,75°, svandunets vara + 10,54°; afståndet var följaktligen 7,21°, eller i det aldra närmaste detsamma som vid förra tillfället.

Dessa fakta satte Melloni i stånd att göra ett vigtigt tillägg till Wells teori. Han fann, att en vid jordytan befintlig glastermometer aldrig afkyldes mer än 2° under en derbred-'259

vid belägen, hvars kula var försilfrad, och som derför nästan icke alls utstrålade; dessa två grader representerade alltså det termometriska afståndet mellan glaset och luften. Men Six, Wilson, Wells, Parry, Scoresby, Glaisher och flere andra hade funnit dylika afstånd af mer än tio grader mellan en termometer i gräset och en annan, som hängde några fot deröfver. Huru kan detta förklaras ? Helt enkelt sålunda, enligt Melloni: gräsbladen afkylas först genom strålning 2° under sin omgifvande luft; denna afkyles sedermera genom beröring med dem och bildar sålunda ett kallt bad deromkring. Men gräset sträfvar att bibehålla det nämnda termometriska afståndet mellan sig och luften; dess temperatur sjunker således ännu lägre, luftens följer efter, och sålunda nedsättes, genom en följd af verkningar och återverkningar, gräsets temperatur till ett vida lägre gradtal, än det som egentligen motsvarar graden af dess utstrålningsförmåga.

Många fruktlösa försök hafva hittills blifvit gjorda att upptäcka det värme, som hitsändes från månen. Hvarje ljusstråle är tvifvelsutan också en värmestråle, men dess värme- och ljusstyrka stå ingalunda i någon inbördes proportion. Med en stor af flere olika zoner sammansatt lins kastade Melloni en bild af månen på sin termo-elektriska stapels yta, men sjelfva linsens köld var mer än tillräcklig att motväga det sålunda samlade värmet. Han satte då en skärm ofvanför linsen för att hindra dess afkylning, ställde stapeln i linsens brännpunkt, afvaktade det ögonblick, då nålen inställt sig på noll, borttog då skärmen och lät det koncentrerade ljuset falla på

stapeln — men det obetydliga luftdraget var tillräckligt att förtaga hela värme-ef-fekten. Slutligen tillslöt han röret framför stapeln med en glasskärm, hvarigenom ljusstrålarne obehindradt framträngde till instrumentet, der de förvandlades till mörkt värme; detta kunde ej gå tillbaka genom glaset, och sålunda erhöll lian omsider ett litet utslag af 3—4°.

Den vida öfvervägande delen af det från fullmånen hitsända värmet måste bestå af mörka strålar, och dessa absorberas nästan helt och hållet af atmosferens vattenånga. De som möjligen framkomma till jordytan, måste fullständigt upptagas af en sådan lins, som Melloni begagnade. Tvifvelsutan vore det lämpligare att i stället samla dem medelst en metallisk reflektor; jag har gjort några försök i denna väg, men Londons ogynsamma luft har lagt för stora hinder i vägen *),

*) Lörd Bosse har nyligen behandlat denna fråga utförligt medelst sitt bekanta teleskop.

17*2G0

Härifrån vända vi nu våra tankar till den källa, hvarifrån allt både jordens och månens värme härflyter. Denna källa är solen, ty om jorden också engång befunnit sig i flytande tillstånd och ännu innehåller sedan den tiden inom sig en sådan kärna, så har dock det värme, som derifrån skulle kunna framtränga till dess yta, för längesedan upphört att der göra sig kännbart. Vi hafva först att undersöka, huru denna underbara verldskropp, från hvilken vi mottaga både ljus och lif, sjelf är beskaffad.

Yi skola småningom närma oss denna fråga och bereda oss genom några föregående undersökningar till dess behandling. I kännen tillräckligt, huruledes spektrum från ett elektriskt ljus bildas; ett sådant, af två fots bredd och åtta fots längd, faller nu i all sin prakt här på skärmen, der dess särskilda färger följa och öfvergå i hvarandra utan något afbrott i kontinuitet. Ljuset, som bildar detsamma, kommer naturligtvis från sjelfva de glödande kolspetsarne, och alla hvitglödande fasta kroppar gifva ett dylikt kontinuerligt spektrum; betraktas en hvitglödande platina-tråd genom ett prisma, ser man dessa samma färgade fält, utan ringaste afbrott sinsemellan. Men genom stark hetta — t. ex. den elektriska lampans — kan jag förflyhtiga en metall och låta på skärmen falla ett spektrum, icke af den fasta kroppen, utan af dess glödande ånga eller gas. Och dermed förändras detta i grund; istället att bilda en kontinuerlig färgserie, består det endast af åtskilliga lysande linier, skilda af mörka mellanrum.

För detta ändamål träffa vi följande anordning. Det nedre kolstycket formas till en cylinder af en half tums diameter och med en liten urholkning ofvantill, hvari lägges en bit zink. När den öfre kolspetsen föres ned i beröring med denna, går strömmen fram, och när kolstyckena derefter skiljas åt, kastas bilden af den lysande båge, som förenar dem, på skärmen såsom en, halfannan fot lång, ström af purpurfärgadt ljus. Detta ljus utstrålar från zink-ånga; metallens atomer vibrera nu i vissa bestämda perioder, och den färg, som vi varseblifva, är det blandade intrycket af dessa dallringar. Upplösa vi ljuset medelst prismat, framträder ett spektrum, bestående af lysande blå och röda linier eller band.

Jag afbryter nu strömmen, borttager zinken och ditlägger i dess ställe ett stycke koppar; ljusströmmen blir nu grön i stället för purpurfärgad, och den prismatiska sönderdelningen ger också gröna linier, således helt andra än i förra fallet. Vi måste således sluta, att koppargasens atomer vibrera i helt andra perioder än zinkgasens. Låtom oss då undersöka, huruvida261

dessa olikartade vibrationer inverka störande på hvarandra, i händelse vi förflyktiga en kropp, som innehåller båda de nämnda metallerna, — vår vanliga messing. Dess spektrum är nu för Edra ögon, och om I ännu bevarat i minnet bilderna från de båda förra försöken, sen I lätt, att detta är en sammanställning, en "superposition", af de båda förra spektra; blandningen af zink och koppar utsänder på en gång de båda slagen af strålar, som hvardera metallen särskilt för sig.

Så utsänder ock hvarje annan metall vissa färgade ljusarter, hvilka äro lika karakteristiska för densamme som alla dess öfriga fysiska och kemiska egenskaper. Genom en noggrannare undersökningsmetod än den här använda kunna vi exakt bestämma platsen för hvarje särskild linie, d. v. s. brytbarhetsgra-den eller perioden af hvarje

särskild stråle, som en metall i gasform utsänder, och följaktligen äfven, genom blotta betraktandet af ett dylikt liniespektrum, afgöra, från hvilket ämne det härrör. Ja ännu mer: genom undersökning af ett blandadt spektrum kunna vi utröna sjelfva beståndsdelarne af blandningen. Man har förmedelst denna metod tillochmed upptäckt hva metaller; Bunsen och Kirchhoff hafva upptäckt Cæsium och Rubidium, samt Crookes Thallium, hvilket karakteriseras af en enda lysande grön linie.

Ifrågavarande lag gäller ej blott för sjelfva metallerna, utan ock för deras sammansättningar, såvida dessa äro flyktiga. Jag lägger ett stycke natrium på den nedre kolcylindern och låter den elektriska strömmen gå fram derigenom; det erhållna spektrum innehåller blott ett starkt gult band, hvilket emedlertid vid noggrannare undersökning visar sig bestå af tvenne linier, skilda af ett smalt mörkt mellanrum. Jag borttager nu natriumstycket från kolet och lägger på dess plats en bit vanligt koksalt eller chlornatrium. Vid den höga värmegrad, som här kan åstadkommas, förflyktigas saltet och gifver alldeles samma gula linier som sjelfva metallen natrium. På samma sätt erhåller man vid användning af chloriderna af strontium, calcium, magnesium och lithium just de motsvarande metallernas karakteristiska linie-spektra.

Jag ersätter nu vår hittills använda kolcylinder med en annan, som är genomborrad af hål, fyllda med en blandning af alla de nyssnämnda salterna. Knappast kan man väl få se något präktigare än det sammansatta spektrum, som nu kastas på skärmen; hvarje särskildt ämne utsänder sina karakteristiska strålar, hvilka uppträda som parallela, klart lysande linier inom det 8 fot långa fältet. Med kännedom om de särskilda metal-262

lernas linier kan man dechiffrera denna egendomliga skrift och taga reda på alla de ämnen, som förefinnas i blandningen.

Den i alla våra hittills anställda försök använda s. k. Voltas båge har naturligtvis det företrädet, att dess ljus är tillräckligt starkt att synas af flere åskådare på en gång; men sjelfva dessa "spektral-analytiska" undersökningar kunna anställas helt enkelt med en blåsrörslåga eller en Bunsens brännare. Införes chlor-natrium i lågan, färgas den gul; af strontium röd, af koppar grön o. s. v., och dessa färgade lågor förete vid prismatisk undersökning samma lysande linier, som I nyss sett *).

Vi hafva hittills sysselsatt oss med de glödande ångornas utstrålning och sett, att den endast består af vissa slags vågrörelser af bestämda perioder; låtom oss nu öfvergå till deras absorption! Inskränker sig äfven den till endast vissa arter af strålar? Ett ryktbart försök af Brewster lemnar ett första svar på denna fråga. En cylinder, hvars ändar äro tillslutna medelst glasskifvor, fylles med salpetersyrlighetsgas, hvars närvaro ger sig tillkänna genom dess starka rödbruna färg. Låta vi strålen från det elektriska ljuset före sitt inträde i prismat genomgå denna cylinder, visar sig det kontinuerliga spektrum, som under andra förhållanden skulle hafva bildats, genomdraget af en mängd mörka band. De strålar, som motsvara dessa, hafva blifvit absorberade af salpetersyrligheten, som lemnat de mellanliggande ljusbanden fri väg.

Vi komina nu till den stora grundsats, som i dessa fenomen gör sig gällande; den vigtiga absorptionssatsen, hvars upptäckt i allmänhet tillskrifves Kirchhoff **), säger, att en gas eller ånga absorberar alldeles samma slags strålar, som den sjelf förntår utsända; att atomer, som vibrera i en viss period, uppfånga ethervågor af samma. De atomer, hvilkas dallring bildar rödt, gult eller grönt ljus, absorbera ock samma färger. Absorptionen är ju, som vi veta, en öfverflyttning af rörelse från ethern till de materiela molekulerna, och det kan, efter hvad som ofvan (sid. 223) är anfördt, ej förvåna oss, att en atom utöfvar absorption just på de ethervågor, hvilkas perioder öfverensstämma med dem, i hvilka den sjelf kan dallra.

*) Den praktfulla blå linien i Lithiums spektrum upptäcktes medelst den elektriska lampan just vid en föreläsning i Boyal Institution.

**) Om med rätt eller orätt, är här ej stället att afgöra. Visst är emedlertid, att satsen redan föresväfvat Euler, om ock i temligen obestämd form, samt uttalats af Ångström år 1853, således något före Kirchhoffs publikation. Ö. A.263

Låtom oss bevisa detta genom ett försök! Vi hafva nyss sett, att natrium-ångans spektrum innehåller en lysande

gul linie. I detta fat är en blandning af alkohol och vatten; antändes den, är dess låga så ljussvag, att den knappt synes. Men upplöser man fore antändandet litet koksalt deri, blir lågan ganska starkt gul. Nu låter jag ett kontinuerligt spektrum falla på skärmen och insätter derefter i ljusstrålens väg, innan den inträder i prismat, denna gula, af glödande natrium-ånga bestående låga. Betrakten I nu spektrum noggrannt, så vars-nen I i det gula fältet en gråaktig fladdrande strimma, som åtminstone lemnar en otvifvelaktig antydan om, att den gula lågan förtager till en del samma färg af spektrum, att den absorberar just samma slags ljus som sitt eget.

Emedlertid kan fenomenet göras vida tydligare. Jag ställer i den elektriska strålens väg lågan från en Bunsens brännare och inför deri medelst en liten platinasked ett stycke natrium. Detta färgar genast lågan gul, och med detsamma uppträder en skugga inom spektrums motsvarande fält. Men ännu har effekten ej nått sin höjdpunkt. Om några ögonblick börjar natrium att brinna häftigt, och på samma gång sen I ett alldeles mörkt bredt streck i spektralfältet. Den häftiga förbränningen varar blott några få sekunder, och efter dess slut framträder åter den gula färgen med oförminskad glans. Man kan upprepa försöket huru många gånger som helst och erhåller alltjemt samma resultat; det gifves knappast inom hela optikens område ett mera slående experiment.

Men ännu kan ett inkast göras. Spektrums ifrågavarande gula fält har en viss utsträckning, det innehåller en mängd strålar af olika brytbarhet; huru kan man då vara viss, att den här absorberade är just densamma, som den af natrium-ångan utsända? För att bevisa detta fuktar jag den elektriska lampans kolspetsar med en lösning af koksalt; då strömmen derefter framsläppes, visar sig i det gula spektralfältet en lysande strimma af samma färg, betydligt ljusstarkare än sin omgifning. Får strålen derefter genomgå natriumlågan på samma sätt som nyss, så utsläckes just denna strimma.

Jag har nyligen visat Er ett spektrum, som bildades af strålarne från en blandning af flere salter och bestod af ett större antal färgade linier, skilda af mörka mellanrum. Om nu hela denna blandning kunde försättas i glödande gasform och derpå — likasom natriumlågan i vårt förra försök — ställas i vägen för en stark ljusstråle, som ensam för sig skulle vid prismatisk sönderdelning gifva ett kontinuerligt spektrum, skulle den på grund af absorptionslagen borttaga just samma strålar,264

som dess särskilda beståndsdelar förmå utsända; vi skulle få se det eljest kontinuerliga spektrum fåradt, ej blott af ett enda mörkt streck såsom nyss, utan af en hel följd af dylika, hvilka noggrannt motsvarade den ofvannämnda blandningens lysande linier.

Och härmed äro vi tillräckligt förberedde att fatta en af den nyare tidens största vetenskapliga upptäckter. När solljuset sönderdelas genom ett prisma, visar sig dess spektrum just sådant som det nyss beskrifna, d. v. s. genomdraget af ytterst talrika mörka linier. Dessa observerades först af Wollaston, men undersöktes utförligare af Fraunhofer, efter hvilken de blifvit uppkallade. Länge nog förmodade man väl, att de härrörde från någon slags absorption i solen, men ingen kunde närmare förklara förhållandet. Först då den ofvannämnda ab-sorptionslagen väl blifvit funnen, och det tillika visat sig antagligt, att solen är omgifven af en glödande dunstkrets, en foto-sfer, uppstod helt naturligt den tanken, att de Fraunhoferska linierna måtte beteckna de luckor i spektrum, som bildats genom fotosferens absorption, och således motsvara just de lysande linier, hvilka denna sednare ensam för sig skulle utsända.

Härpå har Kirchhoff grundat sin teori om solens beskaffenhet. Det inre af denna verldskropp, menar han, består af ett fast eller flytande klot af utomordentlig ljusstyrka, och dess strålar skulle följaktligen, om de finge utan hinder framtränga till vårt prisma, gifva ett kontinuerligt spektrum. Men desamma måste först genomgå fotosferen, som likt en låga omgifver centralklotet, och denna gasblandning absorberar dervid vissa bland dem. Så uppstå de Fraunhoferska linierna, som visserligen icke äro absolut svarta, men likväl synas så genom kontrasten mot den omgifvande klarheten. Försvunne detta centralklot ur solen, och mottoge vi alltså endast fotosferens ljus, skulle detta vid sönderdelning gifva ett spektrum af färgade linier, hvilkas platser fullkomligt motsvarade de Fraunhoferska.

Länge nog hade man förmodat, att solen och planeterna hafva ett gemensamt ursprung, och att derföre äfven samma ämnen äro i större eller mindre mängd gemensamma för dem alla. Kunna vi då verkligen upptäcka några

jordiska ämnen i solen? Vi hafva sett, att vissa färgade linier äro karakteristiska för hvarje metall; att vi kunna, utan att se densamme sjelf, angifva dess namn vid anblicken af endast dess spektrum. Linierna äro, så att säga, metallens röst, hvarmed den tillkännager sin närvaro. Om således några af våra jordiska metaller förefunnes i fotosferen, skulle de mörka linier, som de frambragte, sammanfalla precis med de lysande, som metallens ånga sjelf265

utstrålar. Nu har man bland annat funnit omkring 60 linier såsom karakteristiska för jernet. Om ljuset från glödande jern-ånga, erhållet genom att låta elektriska gnistor slå öfver mellan två jernspetsar, framsläppes genom ena hälften af en fin springa, och solljuset genom den andra hälften, falla båda ljusens spektra bredvid hvarandra, och det visar sig då, att mot hvarje lysande jernlinie svarar en Fraunhofersk. Under sådana omständigheter kan man med så godt som fullständig visshet sluta till, att jern finnes i solatmosferen. Genom dylika jemförelser med andra ämnens spektra har man på samma sätt funnit, att i nämnda atmosfer finnas, utom jern, äfven Natrium, Calcium, Magnesium, Mangan, Nickel, Chrom och Titan, men att med lika stor sannolikhet Silfver, Qvicksilfver, Antimon, Arsenik, Tenn och Bly der saknas.

Vi kunna ännu noggrannare än i de hittills anställda försöken i liten skala afbilda den solens byggnad, som Kirchhoffs hypotes antager *). Det nedre kolstycket i den elektriska lampan är formadt till en cylinder af en half tums diameter, och rundtomkring dess öfre kant är en ring af natrium fästad såf att cylinderns centrala del är fri. I beröring med denna del bringas derpå den öfre kolspetsen, strömmen framgår, och det elektriska ljuset utvecklas som vanligt. Af hettan förflyktigas natrium, och sålunda omgifves den lilla centrala elektriska solen af en atmosfer af natrium-ånga, som utöfvar samma slags verkan som fotosferen och frambringar den bekanta mörka linien i det för öfrigt kontinuerliga spektrums gula fält.

För att bestämma det värmebelopp, som solen verkligen utsänder, hafva observationer anställts af J. Herschel på Goda-Hoppsudden och af Pouillet i Paris. Öfverensstämmelsen mellan bådas resultat är ganska märklig; Herschel fann, att då solen befinner sig i zenith, utöfvar den vid hafsytan en värme-effekt, tillräcklig att på en minut smälta ett islager af 0,oo645 tums tjocklek, under det Pouillets motsvarande värde var 0,ooeoi tum. Medeltalet af båda måste komma sanningen nära; det utgör 0,oo623 tum i minuten, eller mer än i tum i timmen. Se här ett instrument, pyrheliometern (bild 109), af samma slag, som Pouillet använde; det består af en flat stålcylinder aa, fylld med qvicksilfver, hvari befinner sig kulan af en termometer, hvars skaft skyddas af ett messingsrör del. Cylinderns ändyta

*) Det bör ej lemnas onämndt, att ehuru visserligen den förklaring af de Fraunhoferska liniernas uppkomst, som här framställts, är allmänt antagen, detta deremot ingalunda är fallet med den del af Kirchhoffs hypotes, som betraktar solens centralkropp såsom "fast eller flytande". Ö. A.266

b är sotad och rigtas mot solen; medelst en ring och en skruf cc kan instrumentet fästas vid en stång, som ställes stadigt ned i jorden eller ock i snö, i hän-^a delse observationerna anställas uppe på höga berg. För att ytan b må blifva fullkomligt vinkelrät mot solstrålarne, är en rund skifva ee, af samma diameter som aa, fästad vid messingsröret; om cylinderns skugga jemnt betäcker skifvan, är detta naturligtvis ett tecken, att instrumentet är rätt inrigtadt.

Observationerna verkställas på följande sätt. Instrumentet rigtas först, icke mot solen, utan mot någon annan klar trakt af himlahvalfvet och får under fem minuter bortstråla sitt värme deråt, hvarefter temperaturfallet t antecknas. Derpå rigtas det mot solen, så att dennas strålar under fem minuter få falla vinkelrätt derpå, hvarefter temperaturens stigning R observeras. Slutligen bortvändes det på samma sätt som förut från solen, och man iakttager åter temperaturens fall t' under de följande fem minuterna. Det kunde måhända tyckas, att endast den medlersta observationen behöfdes; men vi må ej förgäta, att äfven under den tid, den sotade ytan är utsatt för solens direkta inverkan, utstrålar den värme mot rymden; den förhåller sig således ej blott mottagande, och för att bestämma det värme, den verkligen erhåller från solen under de medlersta fem minuterna, måste till temperaturförhöjningen läggas det belopp, den under lika lång tid afgifver. Detta belopp bestämmes i den

t1'

första och tredje observationen; man tager medeltalet —^—

Li

mellan de båda funna resultaten, och solens hela inflytande T blir alltså

t-\-t'

Bild 109.

T=R

2

Nu känner man storleken af den yta, hvarpå solstrålarne falla, äfvensom vigten af det i cylindern innehållna qvicksilfret; följaktligen kunna vi uttrycka solens verkan på en viss area genom att angifva, huru många grader den på fem minuter•267

förmår uppvärma en viss vigt qvicksilfver — eller vatten, hvilken sednare vätska Pouillet i sjelfva verket använde i sitt instrument.

Observationerna anställdes på olika timmar af dagen, då solstrålarne uppenbarligen hade att genomtränga atmosferiska lager af olika tjocklek; från middagstiden, då denna tjocklek var minst, till kl. 6 om aftonen, då den var som störst. Det befanns, att solens verkan minskades efter en viss lag, under det ifrågavarande lagers tjocklek ökades, och ur denna lag kunde Pouillet sluta, att atmosferens absorption, vid det tillfälle då solen befinner sig i zenit, utgör -J af dess hela strålning; att denna absorption företrädesvis gäller de långa värmevågorna, är klart deraf, att det ju ej är luften sjelf, utan egentligen dess vattenånga, som åstadkommer den. Betraktar man på cn gång bela den jordhalfva, som för tillfället är belyst af solen, så absorberas af dess atmosfer af hela strålningen; vore denna atmosfer borta, skulle ifrågavarande hemisfer alltså mottaga från solen nära dubbelt så mycket värme, som nu är händelsen. Fördelas hela det värmebelopp, som solen under ett helt år tillsänder jorden, likformigt öfver dennas yta, skulle det vara tillräckligt att smälta ett deröfver utbredt islager af mer än 100 fots tjocklek.

Med kännedom om denna jordens årliga inkomst kunna vi ock beräkna solens hela årliga utgift. Tänkom oss en ihålig sfer, i hvars medelpunkt den strålande verldskroppen befinner sig och hvars radie är lika med jordens sol-afstånd; den del af denna sfers yta, som vår planet afskär, förhåller sig till hela ytan som

1 : 2,300,000,000,

och i samma förhållande står alltså uppenbarligen äfven jordens lilla andel af solens utstrålning till dennas hela belopp. Också skulle detta sistnämnda, om det användes till att smälta ett islager, utbredt öfver hela sol-ytan, uppfräta detta till ett djup af omkring 2,500 fot på en enda timma; det skulle under lika lång tid bringa till kokning 2,400 millioner kubikmil fryskallt vatten. Eller på annat sätt uttryckt: Det värme, som solen hvarje timma afgifver, är lika med det, som skulle utvecklas genom förbränning af ett tio fot tjockt stenkolslager, som om-gåfve hela den oerhörda himlakroppen; för att frambringa det värmebelopp, som den utsänder under ett helt år, måste alltså detta kollager hafva ett djup af vidpass halftredje mil.

Och detta slöseri har fortgått under årtusenden, utan att vi likväl, så långt som menniskors iakttagelser räcka tillbaka, kunnat upptäcka någon förminskning af solens rikedom. Om268

Ni på något afstånd hör en klocka ljuda, så vet Ni, att det erfordras en ständigt verksam yttre kraft för att underhålla dess dallringar. Men liksom klockan

"Ännu som fordom solen ljuder I syskonsferers täflingssång"

__ och huru vidmakthålles då dess ton?" Huru ersättas dess

årliga förluster?

Yi förbise lätt nog det underbara, då vi dagligen hafva det för våra ögon. För mången bland Er synes solen

kanske blott som en ofantlig eld, olik de på jorden brinnande endast genom sin storlek och sin värmegrad. Men hvilket skulle väl det brännmateriel vara, som förmådde på sådant sätt bibehålla sig sjelft? Bestode himlakroppen hel och hållen af stenkol, skulle den vara fullständigt förtärd redan på fem årtusenden. Och för öfrigt, hvarifrån skulle väl den syrgas hämtas, som erfordrades för en sådan förbränning? Hvart skulle väl produkterna af densamma taga vägen? Äflägsnades de icke, i samma mån som de bildades, skulle de inom kort qväfva elden.

Det vore föga mindre orimligt att tänka sig solen såsom en het kropp, ursprungligen försedd med ett sådant förråd af värme, att den årliga afsvalningen ej är märkbar. Det ämne, som bland alla af oss kända eger största värme-kapacitet, är vattnet; vore solens egentliga värme lika stort som dettas, skulle ändock dess temperatur sjunka 180 grader för hvarje århundrade.

Det föreliggande faktum är i och för sig så underbart, att äfven den mest sansade hypotes, som kunde uttänkas till dess förklaring, måste synas fantastisk. Solen rullar som bekant kring sin axel en gång på tjugufem dygn; man har ifrågasatt, om ej friktionen mellan detta ofantliga hjuls omkrets och "någonting" i den omgifvande rymden kunde frambringa dess ljus och värme.

Så öfverraskande det än kan tyckas Er, förekommer verkligen på vår egen planet något dylikt. Står Ni på en af Londons broar, ser Ni Themsen ändra sitt lopp två gånger i dygnet; dess vatten gnider under denna fram- och åter-gående rörelse mot bottnen och stränderna, och genom denna friktion måste värme utvecklas; detsamma går naturligtvis, åtminstone till en stor del, förloradt för jorden genom dess utstrålning. Hvad är det då, som ersätter denna ständiga förlust?

Det är vår planets rullning kring sin axel. Tänkom oss för enkelhets skull, att månen vore stillastående, och jorden roterade derunder likt ett hjul från vester mot öster! Om under denna rörelse ett högt berg på jordytan närmade sig månens•269

meridian, skulle det fattas af denna himlakropps attraktion; det skulle bilda liksom ett slags handtag, medelst hvilket hjulet kringvredes raskare. Men såsnart det passerat meridianen, blefve förhållandet omvändt; månens dragning på berget skulle verka i motsatt rigtning mot nyss, den skulle alltså utöfva en hindrande inverkan på jordrotationen — och på detta sätt neutralisera alla på vår planets yta befintliga fasta kroppar hvarandras inflytande.

Men tänkom oss, att berget alltid låge öster om månens meridian; dennes dragning derpå skulle då ständigt motverka jordens rörelse. Och ett sådant berg finnes verkligen, ehuru visserligen ej af fast materia; det är tidvattnets ofantliga våg i oceanen. Likasom en slags "broms" släpas detta vatten längs det rullande hjulets omkrets; likasom en sådan sträfvar det alltjemt att sakta dess rörelse — ehuru beloppet af denna förminskning är för ringa att hafva kunnat bemärkas inom den tid, som våra observationer omfatta. Men antagom, att vi använde tidvattnets strömning till att drifva en qvarn och producerade värme medelst qvarnstenarnes friktion; detta värme skulle hafva ett helt annat ursprung än det, som frambragtes genom ett annat par stenar, hvilka kringvredos af en vanlig bäck. Det förra utvecklades på bekostnad af jordens kringrullning; det sednare på bekostnad af solvärmet, hvilket upplyftat bäckens vatten till dess källa.

Men återvända vi nu från denna utflykt tillbaka till solen, så visar det sig lätt, att den här ifrågavarande hypotesen ej motsvarar sitt ändamål. Låtom oss antaga, att det verkligen funnes ett dylikt hinder mot solens kringrullning, en dylik "broms," ehuru man aldrig varit i tillfälle att upptäcka någon sådan; med kännedom om solens massa, om hastigheten af den rörelse, som skulle upphäfvas, och om värmets mekaniska eqvivalent, kunna vi beräkna det värmebelopp, som skulle vinnas genom tillintetgörande af hela rotationen. Detta belopp skulle betäcka solens årliga utgifter — för mindre än halftannat sekel.

Redan en gång förr (sid. 29) har jag omnämnt en annan hypotes, hvilken, så djerf den än kan tyckas, dock förtjenar hela vår uppmärksamhet — meteorteorien. Säkert är, att utom planeterna och deras månar, utom kometerna — om hvilka Kepler, visserligen med någon öfverdrift, säger, "att de simma talrikare i rymden än fiskarne i vattnet" — hör till vårt system en oräknelig mängd af små kroppar, af verlds-atomer så-tillsägandes,

hvilka likasom de större medlemmarne lyda gravitationens lag och kretsa i mer eller mindre aflånga banor kring solen. Ej sällan råka de inom vår egen planets attraktions-•270

område, fattas af densamma och nedstörta derpå under form af meteoriter eller stjernfall; det antal, som sålunda för hvarje år införlifvas med jorden, uppgår kanske till hundra- eller tusen-tals millioner, och likväl utgör det bestämdt en försvinnande bråkdel af det oerhörda tal, som fortsätter den kretsande rörelsen. Likaså är det af åtskilliga grunder, t. ex. af iakttagelser på Enckes komet, ej oantagligt, att något ämne i rymden — kanske sjelfva verldsethern — gör motstånd mot verlds-kropparnes rörelse, och att dessa genom sin friktion deremot småningom närmas till solen. Visserligen förete de stora planeterna under hela den period, som mensklighetens historia omfattar, ingen märkbar förminskning af sina sol-afstånd och omloppstider, men förhållandet kan vara helt annat med dessa små kroppar, hvilkas hela rörelseqvantitet är så ringa; på den tid, under hvilken jordens sol-afstånd minskats med en eller annan aln, kan en dylik verldsatom hafva närmat sig systemets medelpunkt med tusentals mil.

Af dessa premisser ledas vi till den slutsats, att under det en oerhörd ström af dylikt "kosmiskt stoft" närmar sig solen, dess täthet oupphörligt ökas, och visserligen ligger då äfven den förmodan nära tillhands, att det s. k. "zodiakal-ljuset," som omgifver centralkroppen, måtte vara en sky af meteorer. Åtminstone är det bevisadt, att detta ljusfenomen härrör af en materia, som kretsar efter samma lag som planeterna; zodiakal-ljusets hela massa måste derföre sannolikt beständigt närma sig solen och lik en regnskur nedstörta på densamma.

Det är ganska lätt att beräkna både den största och den minsta hastighet, som sol-attraktionen förmår meddela en verlds-kropp. Den förstnämnda frambringas, om denne får närma sig solen från ett oändligt afstånd; den framkommer då till målet med en fart af 59 mil i sekunden. Den minsta möjliga fart, den vid ett dylikt tillfälle kan ega, är deremot 42 mil. I förra händelsen skulle kroppen vid sin sammanstötning med solen frambringa en värmemängd, mer än 9,000 gånger större än den, som uppkommer genom förbränning af en med kroppens lika vigt stenkol; i sednare händelsen blir det motsvarande talet 4,000. Det är således fullkomligt likgiltigt, om det ämne, hvaraf meteoren består, är brännbart eller ej; resultatet af dess förbränning vore i alla fall försvinnande litet i jemförelse med verkningen af sjelfva den mekaniska stöten.

Se der grunddragen af den märkliga teori, som Mayer sjelf framlagt i sin "Dynamik des Himmels" (1848); hans framställning har jag här, stundom nästan ordagrannt, följt. Utan att för egen del ansluta mig till hans åsigt, och utan att heller•271

begära, att I skolen göra det, vill jag dock påstå, att hart verkligen funnit ett sätt, hvarpå det stora problemet k an och måhända ock en gång skall lösas. Säkert är, att om i en framtid sjelfva den riktiga förklaringen blir funnen och då blir en annan än den af Mayer föreslagna, den icke kommer att visa sig mindre sällsam, mindre öfverraskande och mindre fantastisk än denna.

Säkert är ock, att det inkast, man vid första påseendet är benägen att göra mot Mayers teori, nemligen att solens massa och storlek skulle märkbart förökas genom detta ständiga meteor-regn, lätt kan vederläggas. Denna förökning är nemligen ytterst ringa i jemförelse med centralklotets hela storlek; den mängd af meteorer, som erfordrades för att under fyra årtusenden underhålla solens utstrålning, skulle ej frambringa någon förstoring deraf, som med våra bästa instrument kunde upptäckas. Om hela jorden instörtade i solen, skulle dennas diameter förstoras med blott en milliondel af sitt förra värde, men den genom stöten frambragta hettan skulle dock betäcka nära ett helt århundrades utgifter.

Såväl denna sista upplysning, som åtskilliga andra i samma väg hafva vi erhållit af W. Thomson, hvilken jemte "Waterston fullständigare utvecklat Mayers hypotes. I en uppsats i "Trans-actions of the Royal Society of Edinburgh" för 1854 har den förstnämnde lemnat följande uppgifter om de tidslängder, under hvilka solens utstrålning kunde vidmakthållas dels genom de särskilda planeternas instörtande deri ("gravitationsvärmet"), dels genom det värmebelopp, som skulle utvecklas genom hejdandet af deras rullning kring sina axlar ("rotationsvärmet")

Gravitationsvärme, Rotationsvärme, tillräckligt för tillräckligt för Solen......................116 år 6 dagar

Mercurius. . 6 år 214 dagar...........15 „

Venus .... 83 „ 227 „ ....99 „

Jorden ... 94 „ 303 „ ....81 j,

Mars .... 12 „ 252 „ ....7 „

Jupiter . . . 32240 .... 14 år 144 „

Saturnus . . 9650 „........... 2 „ 127 „

Uranus . . . 1610 „.......................71 „

Neptunus . . 1890 ....

Emedlertid modifierade Thomson åtta år sednare sin åsigt. Om det verkligen finnes i solens närhet en dylik samling af kretsande materiella kroppar — något som Le Verriers undersökningar om Mercurii rörelse för öfrigt tyckas bekräfta — så måste dock dess qvantitet vara särdeles ringa; i annat fall vore det nemligen obegripligt, huru hårstjernor af så ytterst tunn272

beskaffenhet som kometerna kunna närma sig solen till ett .afstånd af endast en åttondedel af dess radie utan någon märkbar förlust af rörelsekraft. På grund deraf anser T., att om också vårt systems centralkropp en gång bildats genom sammanstötning af kosmiska massor, en stöt som bevisligen varit tillräcklig att förse oss med tjugu millioner års värme-utstrålning efter nu gällande måttstock, denna utstrålning dock icke numera underhålles på samma sätt.

Hvilket denna teoris öde än må blifva, har den dock en stor förtjenst; den att hafva visat, huru — kort sagdt — en sol kan bildas; den att i tyngdkraftens verkan på kall och mörk materia hafva upptäckt den källa, ur hvilken himlens strålande stjernor hafva kunnat erhålla sitt ljus och sitt värme. Ty vare sig att solen en gång i tiden danats, och dess nu alltjemt försiggående utstrålning underhålles genom dessa kosmiska massors sammanstötning — vare sig att vårt jordklots inre värme är en återstod af det, som en gång frambragts genom meteorers fall, eller icke, säkert är det dock i hvarje händelse, att dessa orsaker kunnat vara fullt tillräckliga att åstadkomma sådana verkningar. Både värme och ljus finnas dolda i samma kraft, som drager det fallande äpplet till jorden. "Gravitationskraftens potentiela energi, verkande mellan rymdens skilda hopar af ur-materia, var den första och ursprungliga form, under hvilken energi framträdt inom universum. Lika säkert som en klockas lod sjunka ned till sin lägsta punkt, från hvilken de först genom en yttre kraft kunna upplyftas, lika säkert måste planet efter planet omsider i tidernas lopp närma sig solen. På några hundra tusen mils afstånd derifrån skall den försättas i hvit-glödningshetta, i flytande och slutligen i gasartad form; är den ock förut stelnad alltigenom, kan den ändock ej undgå döden i lågorna. Yare sig med ens, vare sig efter två eller tre språng, liksom en mot jordens eller vattnets yta återstudsande kanonkula, skall den införlifvas med solen och i samma ögonblick utveckla en värmemängd, flere tusen gånger större än den, som skulle frambringas genom förbränning af ett stenkolsklot af samma storlek" *).

Jag öfvergår nu slutligen till en annan hypotes beträffande samma fråga, nemligen till den som uppställts af Helmholtz. I enlighet med Laplace anser han, att hela vårt planetsystem ursprungligen bildat sig ur en nebulösa, och under antagande, att dennas materia från början varit utomordentligt förtunnad, beräknar han det värmebelopp, som kunnat bildas genom dess

*) Thomson och Tait i "Good Words," Okt. 1862 s. 606.•273

förtätning till det nuvarande tillståndet. Antager man då, att den kondenserade massan har samma egentliga värme som vattnet, så skulle genom sjelfva förtätningen dess temperatur hafva förökats med ej mindre än tjuguåtta millioner grader, af hvilken oerhörda värmemängd den största delen redan för oändliga tider sedan blifvit förspridd i rymden. Den mest intensiva förbränning, vi med konst kunna åstadkomma, är den af en

blandning af vätgas och syrgas; denna hydro-oxygen-lågas temperatur är 8061°, under det den vanliga vätgaslågans är 3,260°, och det Drummondska kalkljusets (sid. 246) vidpass 2,000°. Hvilket begrepp kunna vi då göra oss om en temperatur, mer än trettontusen gånger större än det sistnämndas! Bestode hela vårt system af stenkol, skulle den genom dess förbränning alstrade värmemängden blifva endast s Jö3 af den, som utvecklades genom kondensationen af urnebulosans materia. Och denna förtätning fortgår, enligt Helmholtz' mening, ännu; de närmast ytan belägna delarne af solen sjunka alltjemt mot dess centrum, och sålunda utvecklas beständigt värme. En förminskning af solens radie med blott TÖ5üB af dess nuvarande storlek skulle motsvara en förtätning, hvars resultat vore tillräckligt att under 2,000 år ersätta utstrålningen; en förökning af solens täthet till samma belopp som jordens skulle betäcka dess utgifter för sjutton millioner år.

"Men," fortfar H. *), "om ock vårt planetsystems kraftförråd äro så oerhördt stora, att någon förminskning af dem ej kunnat upptäckas inom bela tidrymden af mensklighetens historia; om man också ej ens kan bilda sig en föreställning om de tider, som måste förgå, innan märkbara förändringar af systemets tillstånd inträdt, så hänvisa dock obevekliga mekaniska lagar derpå, att dessa kraftförråd, hvilka endast kunna undergå förminskning, ej förökning, engång måste vara uttömda. Skola vi väl förskräckas deröfver? Menniskorna bruka till måttstock på verldsalltets storhet och vishet taga längden af den tillvaro och beloppet af den fördel, som det tillförsäkrar deras eget slägte; men redan jordklotets förgångna historia visar, hvilken oändligt ringa del af hela dess utvecklingstid detta slägtes tillvaro upptager. Ett vendiskt lerkärl, ett romerskt svärd, som vi uppgräfva ur marken, väcker hos oss föreställningen om en grå forntid; med tyst häpnad betrakta vi de lemningar från Egyptens och Assyriens välden, som Europas museer visa oss — och likväl måste vårt slägte uppenbarligen hafva existerat många årtusenden, innan Pyramiderna och Ninive byggdes. Vi

*) Wechselwirkuiig der Naturkräfte.

uppskatta på ett ungefär hela dess förgångna lif till 6,000 år, men så ofantlig denna tidrymd än kan tyckas, hvad är den väl i jemförelse med de, under hvilka jorden ännu ej bar en mensklig varelse på sin yta, men deremot en rikedom af nu utdöda djur- och växt-arter; då bernstensträdet ännu grönskade på vår mark och droppade sin dyrbara kåda ned i hafvet, då tropiska palmskogar frodades i Europa och Sibirien, och i deras skugga dvaldes jätte-ödlor och elefanter, hvilkas kolossala lemningar vi ännu påträffa i jorden. Geologerna hafva sökt bestämma längden af denna skapelseperiod, och deras uppgifter derom vexla, efter olika synpunkter, mellan en och nio millioner år. Och huru liten var hela denna tid, under hvilken jorden frambragte organiska väsenden, mot den, hvarunder den ännu var blott ett klot af smälta bergarter; för dess afsvalning från 2,000 till 200 grader måste, såvidt man kan sluta af Bischofs försök öfver smält basalts afkylning, hafva åtgått omkring 350 årmillio-ner. Och upp till den tid, då urdimmans klot förtätade sig till ett planetsystem, räcka ej ens våra djerfvaste gissningar. Menniskoslägtets förflutna lif är blott en bölja i tidernas haf; för ännu flere årtusenden än det redan lefvat, tyckes det nuvarande kunna vara försäkradt om sin existens; säkert hafva vi och otaliga generationer efter oss i detta hänseende intet att frukta. Men ännu arbeta allt fortfarande i atmosferen, i verldshafvet, i jordklotets vulkaniska inre desamma krafter, som verkat fordna geologiska omhvälfningar och begraft den ena serien af organismer efter den andra. De, snarare än några i hvarje fall oändligt aflägsna kosmiska revolutioner, lära väl förr eller sednare blifva orsaken till menniskoslägtets yttersta dag och tvinga oss att lemna plats för andra, kanske fullkomligare varelser, likasom fornverldens Mammutdjur och jätte-ödlor en gång lemnat plats åt oss".

Solens förhållande till vår planet och de der verksamma krafterna förtjenar ock all vår uppmärksamhet. Redan år 1833 skref J. Herschel i sina "Outlines of Astronomy" följande. "Solens strålar äro den yttersta orsaken till nästan hvarje rörelse, som eger rum på jordens yta. Genom deras värme frambringas alla vindar och alla dessa rubbningar i atmosferens elektriska jemn vigtstillstånd, hvilka gifva upphof till åskan och sannolikt äfven till både jordmagnetismen och norrskenet. Genom deras lifgifvande verkan sättas växterna istånd att hämta näring ur den oorganiska materien och blifva i sin ordning dels näring för menniskor och djur, dels upphof till dessa

oerhörda kraftförråd, som i stenkolslagren nedlagts till gagn för kommande slägten. Genom dem sändas oceanens vattenmassor i ångform'275

genom luften och vederqvicka den förtorkade märken, frambringa källor, bäckar och floder. Genom dem frambringas ock alla rubbningar af det kemiska jemnvigtstillståndet; under en oändlig följd af föreningar och sönderdelningar bilda naturens element nya produkter och gifva sålunda upphof till ett annat slag af materiens rörelse. Äfven den långsamma förstöringen af de fasta föremålen på jordens yta, hvari den geologiska förvandlingen ytterst består, beror nästan hel och hållen dels af regnets och blåstens gnagande tand, samt värmets och köldens vexlingar, dels af liafsvågornas, af vinden förorsakade, upprepade slag mot stranden. Tidvattnet — också till en del förorsakadt af solen — utöfvar härvidlag ett jemförelsevis ringa inflytande. Hafs-strömmarnes, hvilka ock härröra från hufvudsakligen samma orsak, verkan röjer sig mindre i sjelfva sönderfrätandet af de fasta föremålen på jordytan, än i slammets bortförande och fördelande; och när vi betänka, hvilka oerhörda massor sålunda flyttas, huru trycket ökas öfver vidsträckta nejder af oceanens botten och minskas öfver motsvarande sträckor af fastlandet — då hafva vi i sanning ej svårt att fatta, huru den underjordiska eldens elastiska kraft, här tillbakaträngd, der relativt frigjord, måste bryta sig fram på de punkter, der det yttre motståndet ej är tillräckligt; ej svårt att fatta, det äfven den vulkaniska verksamheten på jorden bestämmes till sitt framträdande af den allmänna lagen för solens inflytande".

Detta förträffliga ställe behöfver blott omskrifvas på den nyare forskningens språk för att blifva en framställning af lagen om energiens oföränderlighet, tillämpad på både den organiska och den oorganiska naturen. Nyare upptäckter hafva visat, att både luftens och vattnets strömningar hafva sina bestämda termiska värden, och att till deras frambringande ett visst belopp af solens värme åtgår; under det de ännu existera i form af vindar och strömmar, är detta värme förvandladt till mekanisk rörelse, men såsnart denna upphäfves, framträder det åter i sin ursprungliga form. En flod, hvars nivå sänker sig 1,426 fot, frambringar ett värmebelopp, tillräckligt att höja dess vattenmassas temperatur en grad; detta belopp har ursprungligen lemnats af solen, samt användts till upplyftandet af samma vatten från hafvet till skyarne. Sålänge floden ännu hvilar uppe på bergen, vare sig under form af gletscher eller som en stilla sjö, är detta värme ej märkbart, det har gestalt af potentiel energi, men i det ögonblick, då den begynner sin vandring nedåt och dervid möter flodbäddens motstånd, börjar energien återtaga sin ursprungliga form. Med tankens blick kunna vi följa den på dess väg från solen under form af ether-

19*276

dallring till'oceanen, der den öfvergår till potentiel; vidare med vattenångans molekuler från hafsytan till skyarne och härifrån till bergens höjder, hvarvid det värme, som åtgått till ångbildningen, åter framkommer vid kondensationen, men det, som användts till massans upplyftande, ännu bibehåller potentiel form. Men också detta skall utbetalas till sista skarfven; under vattnets friktion mot strömbädden, vid vattenfallens botten, som mottager massans stöt, i de maskiners värme, som drifvas af strömmen, i gnistorna mellan qvarnstenarne, under stång-jernsmedjornas tunga hamrar och i sågverkens bräder utminuteras solstrålens energi och öfverallt framträder den åter i sin ursprungliga gestalt, som ether-rörelse, så ofta som den mekaniska upphäfves.

Men utom dessa rörelser och krafter gifves det inom vår verld också andra, hvilkas ursprung och sammanhang med solen ej äro lika ögonskenliga som de förra. Träd och örter växa på jorden och gifva vid förbränning upphof till värme, medelst hvilket väldiga mekaniska verkningar kunna frambringas. Hvarifrån kommer detta? Herschel har besvarat frågan endast i allmänna drag, Mayer och Helmholtz undersökt förhållandet närmare. Jag vill framställa deras svar i enkla ord. Sen denna jèrnrost, bildad genom jern- och syre-atomernas förening; I kunnen ej varseblifva denna genomskinliga kolsyregas, som på samma sätt bildats af syret och kolet. Dessa förenade atomer likna en på jorden hvilande tyngd; deras ömsesidiga sträfvan är tillfredsställd. Men jag kan hissa upp tyngden och sålunda sätta den i stånd att verkställa ett nytt fall; och likaså kunna dessa atomer hissas upp, skiljas från hvarandra och sålunda sättas i stånd att upprepa sin föreningsprocess.

Yid växternas uppbyggande bildar kolsyran det material, ur hvilket deras kol, vattnet det, hvarur deras väte hämtas. Solstrålen hissar upp tyngden; den är det, som skiljer atomerna, som frigör syret och låter kol och väte

förena sig till en växt-fiber. Falla strålarne på en sandöken, upphettas denna och bortstrålar sedermera allt värme, den mottagit; men falla de på en skog, återlemnar denna blott en del af den energi, den erhållit; resten användes till trädens uppbyggande. Att värme åtgår till atomers åtskiljande och åter framkommer vid deras förening, hafva vi förut sett (i kap. V); men alldeles detsamma gäller äfven om ljuset, ty på dess bekostnad verkställes den kemiska sönderdelningen. Utan solen kan kolsyrans och vattnets sönderdelning ej försiggå, och af dess energi förbrukas vid denna process ett belopp, eqvivalent med det verkställda mole-kular-arbetet.277

F örbränningen är ömvändningen af denna process; den energi, som samlats inom växten, framträder åter, då den för-täres af lågorna. Jag antänder denna bomullstapp; luftens syre förenar sig med dess kol, och så framkommer ånyo det belopp af ether-rörelse, som engång förbrukades till dess skapelse. Men den potentiela energien, som samlats i växternas atomer, kan magasineras och förvaras under årtusenden; ur våra stenkolsgrufvor upphämta vi under hvarje års förlopp en mängd deraf, eqvivalent med det arbete, som etthundrafemtio millioner hästar, sträfvande dag och natt under lika lång tid, förmå uträtta.

Hvilka underbara vexlingar har då ej verldsenergien genomgått! I tidens början var den blott gravitation, den var dragningskraft mellan dessa ålshilda, mörka och kalla planetariska massor, hvilkas sammanstötning frambragte ej blott vår sols, utan ock alla fixstjernors ljus och värme. Och här framträda dessa samma fysikaliska krafter som sjelfva källan till det vegetativa lifvet. Men vi skola ej stadna vid växtverlden; medelbart eller omedelbart är den källan till den animala. Somliga djur nära sig af sjelfva växterna, andra använda de förra till sin näring; från plantorna hemta de således i sjelfva verket allesammans sitt lif och sin styrka; alla kunna de, såsom Helmholtz säger, leda sitt stamträd ända upp till solen. I djurkroppen bringas växtens kol och väte åter i beröring med syret, från hvilket de förut skildes och som nu hemtas genom lungorna; förening eger åter rum, och det animala värmet är resultatet, Den förbränning, som ständigt försiggår inom oss, skiljer sig från den vanliga eldens endast genom sin lägre intensitet; den kemiska föreningens produkter äro i båda fallen desamma, nemligen kolsyra och vatten. Se der naturens eviga kretslopp inom växt- och djur-lifvet; det förra är i fysikaliskt afseende tyngdens upphissande, det sednare dess nedsläppande.

Men finnes icke inom den menskliga organismen något, som frigör densamme från denna nödvändighetens kedja, hvarmed lagen om kraftens bevarande fjättrar den oorganiska verlden? Der sträfva tvenne min af alldeles samma fysiska styrka uppför en brant bergsluttning; den ene tröttnar och uppgifver försöket, under det den andre på grund af sin fasta viljekraft uppnår målet, Har då ej sjelfva viljan i detta fall en förmåga att skapa kraft? Nej; ur fysikalisk synpunkt sedt, gäller samma lag för ångmaskinens och för menniskans rörelser. För hvarje skålpund, som den förre lyfter, förbrukas ett visst belopp af eldens värme; för hvarje steg, som bergvandraren tager uppför sluttningen, förlorar hans kropp en värmeqvani itet, eqvivalent med såväl dess egen vigt som den höjd, hvartill den upplyftes.Den fasta viljan kan väl förfoga öfver det kraftförråd, som näringen gifver; slcapa sådant kan den deremot icke. Att begagna hvad som finnes, att styra kraftens verkningar till ett visst mål — se der hvad viljan förmår uträtta!

Jag sade, att i den mån bergvandraren stiger uppför sluttningen, förlorar hans kropp värme; detsamma måste naturligtvis äfven gälla om den djuriska organismen. Men erfarenheten tyckes ju visa motsatsen; kroppen afkyles ej, den blir tvärtom varmare genom ansträngning. Denna skenbara, motsägelse beror helt enkelt deraf, att när musklerna arbeta, ökas respirationen, och en förstärkt kemisk verksamhet inträder. Den blåsbälg, som drifver syrgasen in i elden, röres hastigare, och ehuru värme förbrukas till uppstigandet, blir förlusten mer än betäckt genom den ökade förbränningen.

Att värme verkligen utvecklas i en muskel, då den sammandrages, hafva Becquerel och Breschet funnit medelst en termo-elektrisk stapel af särskild konstruktion. Likaså hafva Billroth och Fick upptäckt, att hos personer, som dö af stelkramp, är musklernas temperatur ofta sex grader högre än den normala. Helmholtz har visat, att döda grodors muskler utvecklade värme vid sin sammandragning; och ett ytterst vigtigt resultat i afseende på kontraktionens inflytande har erhållits af Ludwig i Wien och hans lärjungar. Det arteriela blodet innehåller som bekant syrgas; får det flyta genom en muskel i dess vanliga tillstånd, förändras det till venöst, som ännu

innehåller 7,5 procent syre; är deremot muskeln kontraherad under blodets passage derigenom, förlorar det nästan allt sitt syre; dettas återstod uppgår i somliga fall till endast 1,3 procent. Ett annat resultat af den ökade förbränningen inom musklerna, när de äro stadda i verksamhet, är en förökning af den mängd kolsyra, som utandas genom lungorna; E. Smith bar visat, att denna mängd kan i händelse af stark ansträngning blifva fem gånger större än den normala.

Om vi nu höja vår kropps temperatur genom ansträngning, blir endast en del af molekular-rörelsens tillökning använd till arbete. Antagom, att en viss mängd näring förbrännes inom en menniskokropp, som befinner sig i hvila; det värmebelopp, som deraf frambringas, är just detsamma, som skulle erhållas genom samma näringsämnens förbränning i en vanlig eld. Men försiggår den förra processen, under det menniskan verkställer ett arbete, blir det - utvecklade värmebeloppet mindre än nyss; deri fattas nemligen just så mycket, som motsvarar det verkställda arbetet. Består detta sistnämnda t. ex. i att frambringa värme genom friktion, blir det belopp deraf, som ut-•279

vecklas utom kroppen, alldeles lika med det, som fattas der-inom.

Det möter naturligtvis ingen svårighet att bestämma det värmebelopp, som en bergvandrare förbrukar för att lyfta sin kropp upp till en viss höjd. I en lätt drägt väger jag 150 huru mycket värme åtgår då för mig för att bestiga Montblanc, som är 14,800 fot högt? Arbetets belopp är 150. 14,800 = 2,220,000 skålp. fot; divideradt med eqviva-lent-talet 1426, gör detta vidpass 1557 värme-enheter. Och kunde jag tvärtom glida direkte ned från bergstoppen till hafvets nivå, så skulle derigenom samma värmemängd utvecklas. Mer än en gång har jag fästat Er uppmärksamhet på moleku-larkrafternas styrka; att bestiga ett berg, sådant som Montblanc, förefaller väl enhvar af oss nära nog som ett jätte-arbete, och likväl är den "energi," som dertill kräfves, ej större än den, som utvecklas genom förbränning af ett par skålpund stenkol. I en ångmaskin af bästa konstruktion förvandlas vid pass yg af allt värmet till arbete; de återstående nittio procenten bort-spillas i luften, på kondensatorn o. s. v. Men naturens konstruktioner äro bättre än menniskans; i den animala organismen förvandlas -J af det ur näringen frambragta värmet till arbete, och endast 80 procent gå alltså förlorade.

Den ena apparaten såväl som den andra hämtar emedlertid — eller Jean åtminstone hämta — sin drifkraft från samma källa. Vi kunna sätta en ångmaskin i rörelse genom förbränning af samma ämnen, som vi använda till föda; och vore våra magar i stånd att smälta stenkol, skulle vi, som Helmholtz anmärkt, kunna hemta vår lefvande kraft ur detta ämne. Den vigtiga sanning, som ligger till grund för allt detta, är, att ingenting skapas; vi kunna ej åstadkomma någon rörelse, utan att någon annan dylik upphäfves eller minskas. Och huru invecklade djurens rörelser än äro, hvilken förändring näringens molekuler än undergå inom våra kroppar, så består dock det animala lifvets hela energi i kol-, väte- och qväfve-atomernas fall från den höjd, der de befinna sig i näringsämnena, till den låga nivå, der de befinna sig vid afsöndringen från kroppen. Men hvad har väl satt dem i stånd att falla? Hvem lyftade väl först upp dem till den potentiela energiens höjd? Vi hafva redan fått veta det; det är på solens bekostnad, som det animala värmet frambragts, och den animala rörelsen åstadkommes; solen måste afkylas, för att kunna skänka oss ej blott vår eld, utan ock vår rörelseförmåga.

Ämnet är af sådan betydenhet för både nutidens och framtidens naturforskning, att jag vill dröja dervid ännu ett ögon-280

blick och söka, genom jemförelse med analoga förlopp, gifva Er ett tydligare begrepp om solens inflytande på lifsprocessen. Vi kunna genom mekaniska medel upplyfta vatten till en betydande höjd, och då detta sedermera faller på grund af tyngdkraften, kan det antaga en mångfald af former och förrätta en mängd olika slags arbeten. Det kan falla i kaskader, uppstiga i vattenkonster, kringsnurra i hvirflar eller flyta rakt fram i en sakta sluttande bädd. Det kan användas till att vrida hjul, lyfta hammare, mala korn, sammanpressa luft i blästrar och nedslå pålar. Men under allt detta skapar vattnet ändock ingen kraft; det endast fördelar och utminuterar den energi, som lyftade det upp till den höjd, hvarifrån det faller. Så ock med ett urverks invecklade rörelse; huru olikartade dess särskilda delars förrättningar än äro, verkställas de dock alla förmedelst den hands energi, som drog upp verket. Så ock med den der lilla Schweiziska fogeln i 1862 års utställning; dallringen af dess lilla artificiela sångorgan,

luftvågorna som uppenbarade sig för örat som melodi, fladdrandet af dess små vingar och alla andra rörelser af den nätta automaten — allesammans härrörde de helt enkelt af den kraft, som drog upp den; fogeln gaf ej mera ut än hvad den mottagit. På alldeles samma sätt består den animala verksamheten endast i en fördelning och utminu-tering af den energi, som organismen från solen mottagit ; inom växten försiggår, såsom jag redan sagt, sjelfva upplyftandet eller uppdragandet, och hos djuret framträda, under det kolet, vätet och qväfvet nedfalla till sin ursprungliga nivå, lifvets mångfaldiga yttringar.

Men vår jemförelse sträcker sig ännu längre; den form, som vattnets rörelse antager under dess fallande, beror af den apparat, hvarigenom det derunder passerar. Och på samma sätt blir ock den från solen härstammande lefvande kraftens verksamhet en annan alltefter beskaffenheten af de atomer och partiklar, på hvilka den fördelas; molekularkrafterna bestämma formen för solens energi. I det ena fallet ger denna energi upphof till ett kålhufvucl, i det andra, till en ek. På samma sätt ifråga om kolets, vätets och qväfvets förening med syret; sjelfva formen för denna förening bestämmes af den molekular-maskin, medelst hvilken föreningskraften verkar; dess resultat kan den ena gången blifva en menniska, i den andra en gräshoppa.

De enkla ämnen, hvaraf våra kroppar ytterst bestå, förefinnas ock inom den oorganiska naturen; det finnes i de animala väfnaderna ingen atom, hvars like ej också kan anträffas i bergen, i hafvet eller i luften. Men äro väl då de krafter,281

som verka inom den organiska materien, andra än de, som verka inom den oorganiska? Våra dagars naturforskning sträfvar alltjemt att lemna ett nekande svar på denna fråga; att uppvisa, att det är blott i sjelfva rigtandet och sammansättningen af krafter, hvilka i och för sig äfven tillhöra den oorganiska verlden, som lifskraftens hemlighet ytterst består.

Vid tal om de materiela förbindelser, hvilkas resultat är menniskans kropp och menniskans hjerna, kan man ej undgå att också kasta en blick på medvetandets och tankens företeelser. Dristiga frågor har forskningen uppkastat och kommer väl att fortfara dermed; framtidens tänkare skola tvifvelsutan få att sysselsätta sig med problem, hvilka, om de idag framställdes, skulle förefalla de fleste som fullständigt vanvett. Men så obegränsad naturvetenskapens utveckling än kan synas, visst är dock, att det finnes en rymd, dit den aldrig kan nå; en linea, som den ej ens kan beröra, än mindre öfverskrida. Med kännedom om planeternas massor och afstånd kunna vi beräkna de störningar, som blifva en följd af deras inbördes attraktioner; med kännedom om en rubbning af vattnets, luftens eller verldsetlierns atomer kunna vi bestämma arten af den rörelse, som deraf förorsakas. Här sysselsätta vi oss blott med fysikaliska lagar och fakta; våra slutledningar anknyta sig vid hvarandra i en kedja, länk för länk motsvarande den, som i fenomenets verld sammanbinder orsaker och verkningar. Men vilja vi utsträcka den längre, vilja vi på samma sätt höja oss från materiens region till andens, då möta vi på hvarje punkt frågor, hvilka aldrig kunna besvaras af den forskning, som från början rigtat sig uteslutande på det af tid och af rum begränsade; vid slutet som vid början ligger tillvarelsens gåta olöst framför oss, och kommande dagars skalder skola med samma skäl som det sextonde århundradets bekänna

"Af samma tyg, som drömmar göras af, Vi äro gjorda, och vårt korta lif Omfamnas af en sömn".

Och likväl å andra sidan — hvilket storartadt skaldeverk bilda ej också den nyaste tidens vetenskapliga upptäckter, hvilken öfverväldigande utsigt öppna de ej öfver verldsalltet! Betrakten alla dessa väldiga krafter, öfver hvilka vårt slägte förfogar; dessa stenkolslagers outtömliga energi, dessa flottor som "beherrska hafven," dessa väldiga härar och kanoner; betrakten naturens ännu ej af menniskohand kufvade makter: orkanens, hafsvågornas, vattenfallens! Hvad äro de väl allesammans? Blott en ringa bråkdel af solens energi; ej ens en tvåtusenmilliondel af den hela kraftström, som sedan oändliga tider utflödat ur den282

aldrig sinande källan. Ingen jordisk måttstock pejlar dess djup, men vida högre når dock vår tanke; för den är sjelfva vårt planetsystems centralstjerna blott en droppe i rymdens haf; för den öppnar sig utsigten ännu vida längre, till andra system och andra solar, hvilka liksom vår egen gjuta sina ethervågor genom det obegränsade rummet. Men öfverallt samma enhet i mångfalden, samma oföränderliga lag under den oändliga vexlingen — om kraftens bevarande, om energiens oföränderlighet, Och så varder äfven här besannadt vishetens ord: "Det

gifves intet nytt under solen".

KAP. XY.

De korta ethervågomas inverkan på gaser. — Aktiuiska moln. — Orsaken till himlahvalfvets blå färg. — Samma färg frambringas genom ljusets återkastning från ultra-mikroskopiska partiklar. — Polariseradt ljus. — Nikols-prismer. —Förklaring af himlaljusets polarisation. — Optiska effekter.

I de föregående kapitlen har jag meddelat Er en öfversigt af de arbeten, som utgjort min hufvudsakliga sysselsättning under de sista tio åren; arbeten, hvilkas egentliga syftemål var att medelst de långa ethervågorna utransaka sjelfva molekuler-nas förhållanden och egenskaper, och i hvilka således — i olikhet med Mellonis och Knoblauchs ryktbara undersökningar — det strålande värmet användes endast som medel för ett annat ändamål. Jag har sökt att med de hjelpmedel, som nutidens vetenskap erbjuder, bilda mig en klar föreställning om såväl molekulerna och de dem sammansättande atomerna, som om sjelfva verldsethern och dess rörelse, samt att härpå grunda en ändamålsenlig plan för undersökning af hithörande hemlighetsfulla förlopp.

Ett resultat, hvilket bland andra framgår af ifrågavarande arbeten, är den plötsliga förändring, som den kemiska föreningen åstadkommer i förhållandet mellan ethern och materien. Är ock den sednares mängd och elementära beskaffenhet före och efter den kemiska akten alldeles densamma, så blir dock dess verkan på ethern, dess förmåga att absorbera vågrörelse 282

aldrig sinande källan. Ingen jordisk måttstock pejlar dess djup, men vida högre når dock vår tanke; för den är sjelfva vårt planetsystems centralstjerna blott en droppe i rymdens haf; för den öppnar sig utsigten ännu vida längre, till andra system och andra solar, hvilka liksom vår egen gjuta sina ethervågor genom det obegränsade rummet. Men öfverallt samma enhet i mångfalden, samma oföränderliga lag under den oändliga vexlingen — om kraftens bevarande, om energiens oföränderlighet, Och så varder äfven här besannadt vishetens ord: "Det gifves intet nytt under solen".

KAP. XY.

De korta ethervågomas inverkan på gaser. — Aktiuiska moln. — Orsaken till himlahvalfvets blå färg. — Samma färg frambringas genom ljusets återkastning från ultra-mikroskopiska partiklar. — Polariseradt ljus. — Nikols-prismer. —Förklaring af himlaljusets polarisation. — Optiska effekter.

I de föregående kapitlen har jag meddelat Er en öfversigt af de arbeten, som utgjort min hufvudsakliga sysselsättning under de sista tio åren; arbeten, hvilkas egentliga syftemål var att medelst de långa ethervågorna utransaka sjelfva molekuler-nas förhållanden och egenskaper, och i hvilka således — i olikhet med Mellonis och Knoblauchs ryktbara undersökningar — det strålande värmet användes endast som medel för ett annat ändamål. Jag har sökt att med de hjelpmedel, som nutidens vetenskap erbjuder, bilda mig en klar föreställning om såväl molekulerna och de dem sammansättande atomerna, som om sjelfva verldsethern och dess rörelse, samt att härpå grunda en ändamålsenlig plan för undersökning af hithörande hemlighetsfulla förlopp.

Ett resultat, hvilket bland andra framgår af ifrågavarande arbeten, är den plötsliga förändring, som den kemiska föreningen åstadkommer i förhållandet mellan ethern och materien. Är ock den sednares mängd och elementära beskaffenhet före och efter den kemiska akten alldeles densamma, så blir dock dess verkan på ethern, dess förmåga att absorbera vågrörelse•283

vid båda tillfällena en belt annan. Genom en blandning af 7 . vigtsdelar qväfgas och 4 delar syrgas framgår värmestrålen nästan lika obehindradt som genom sjelfva tomrummet; likaså genom en blandning af 1-A delar qväfve och 3 delar väte. Men låt de förra förena sig till qväfoxidul, eller de sednare till ammoniak — och dessa samma materiela atomers inverkan på ether-rörelsen blir genast tusen-, ja million-faldigt förökad. Knappast gifves det ett mera öfvertygande bevis på, att den luft, vi andas, är en blott mekanisk blandning, ej en kemisk förening, än dess utomordentliga diatermansi.

Men dessa molekuler, hvilka såsom qväfoxidulens och am-moniakens upptaga ethervågorna, måste ock af dem

försättas i dallring, skakas, ja kanske tillochmed skakas sönder. Att vanligt termometriskt värme kan åstadkomma kemisk förändring, är välbekant, och det strålande förmår det naturligtvis äfven, om det absorberas tillräckligt; de mörka strålar, som kunna försätta platina i hvitglödning, skulle också, om de absorberades, frambringa samma kemiska verkan som den glödande metallen. Men denna effekt grundar sig dock i sjelfva verket på en förvandling af det strålande värmet till termometriskt; sjelfva strålningen ingår ej såsom ett nödvändigt och karakteristiskt moment i förloppet.

Eget nog är det just de kortaste och på dynamisk energi fattigaste ethervågor i bela spektrum, som företrädesvis frambringa de kemiska verkningar, för hvilka strålningen synes utgöra ett nödvändigt vilkor. I fotografens camera förena sig dessa, de s. k. kemiska strålarne, på grund af sin större bryt-barhet, i en annan brännpunkt än värmestrålarne, och endast de förra äro, trots sin oändligt underlägsna lefvande kraft, ensamma nyttiga för hans särskilda ändamål. Den kemiska sönderdelningen är följaktligen ej beroende af amplituden, utan af svängningstiden; det måste mellan sjelfva atomernas dallring och de korta ethervågorna finnas någon slags öfverensstämmelse i period, på grund hvaraf dessa sednares verkningar ständigt adderas till hvarandra och slutligen spränga molekulerna sönder, slungande atomerna från hvarandra.

Det är med dessa slags företeelser, som vi nu skola sysselsätta oss; hafva vi förut undersökt de långa vågornas förhållande till materien och särskilt till gasformiga kroppar, blir det här i stället fråga om dessa sistnämndas sönderdelning genom korta vågor. I en profcylinder af glas, tre fot lång och ungefär tre tum i diameter, brukade jag insläppa åtskilliga slags ångor; dessa voro i allmänhet fullkomligt genomskinliga, och cylindern såg följaktligen alldeles så ut, som om den varit284

tom. Men en och annan gång visade sig dock liksom ett svagt töcken derinuti. Detta förorsakade mig ett ögonblicks bekymmer; jag kunde nemligen ej veta, om de verkningar, hvilka jag på grund af mina förra försök tillskrifvit de rena, genomskinliga ångorna, ej åtminstone till en del kunde härröra af dessa utfällningar. Ett dylikt, tid efter annan framträdande bekymmer är emedlertid nödvändigt för forskaren; det drifver honom till noggrannare undersökning, till strängare kritik och blir sålunda ofta en orsak till nya upptäckter. Snart nog befanns det ock, att dessa töcken, hvilka röjdes af ljusstrålen, hade ock blifvit bildade af densamme, och just denna iakttagelse öppnade en ny väg in i dessa regioner, hvilka ej äro för våra sinnen tillgängliga, men i hvilka det är forskarens snart sagdt förnämsta sträfvan att få kasta en blick.

Hvad äro väl dessa ångor? De äro massor af molelculer, och hvarje sådan är i sin ordning sammansatt af ännu mindre delar, atomer. En molekul vattenånga till exempel består af två väte-atomer och en syre-atom; en ammoniak-molekul af en qväfve- och tre väte-atomer. Så små dessa kroppar än äro, utgöras de alltså ändock af ännu mindre. Och molekulerna hafva såsom sådana en viss rörelse; deras beståndsdelar, atomerna, hafva äfven en särskild sådan för sig, oberoende af de förras — alldeles som de särskilda kropparne på jordklotets yta röra sig på ett af dettas framskridande i rymden fullkomligt oberoende sätt.

Mellan ångans molekuler herrska, som vi sett, repellerande, frånstötande krafter; atmosferens tryck motverkar dessa och befinner sig i jemnvigt med dem. Pressas molekulerna tillsammans af en yttre kraft, sträfva de att skiljas åt och göra det äfven, när kraften upphör att verka. Med atomerna är detta ej förhållandet; mellan hvarje sådan och dess närmaste granne verka tvenne krafter, en attraherande och en repellerande. Närmas atomerna till hvarandra, får den sednare öfvertaget och återför båda till jemnvigtsläget; aflägsnas de från hvarandra, segrar deremot den förra. Under det normala tillståndet hålla dessa krafter hvarandra i jemnvigt, men likväl måste vi tänka oss atomerna alltjemt stadda i en dallrande rörelse, fram och tillbaka öfver jemnvigtsläget — såframt naturligtvis kroppen ej befinner sig vid temperaturens absoluta nollpunkt, ett fall som ännu aldrig någon varit i tillfälle att iakttaga*).

*) Jag vill ingalunda påstå, att dessa åsigter delas af samtidens alla naturforskare. Men vare sig att de äro riktiga eller ej, kan det ändock ej vara till annat än gagn, att de tydligt och bestämdt formuleras.285

In i denna ånga sända vi nu en stark ljusstråle, en komplex af ethervågor af inbördes mycket olika både amplituder och perioder. Hvad skall väl följden blifva? Träffas en molekul af sådana stötar, att alla dess delar

försättas i samma rörelse, då måste ock molekulen komma att röra sig såsom ett helt, med hela sin massa; hos dess delar kan ej uppkomma någon sträfvan att lösgöra sig från hvarandra. Men det har uppenbarligen sina svårigheter att tänka sig förloppet sådant; atomerna äro af olika vigt inbördes, ja sannolikt äfven af olika storlek; i hvarje fall är det sågodtsom säkert, att förhållandet mellan atomens massa och den yta, den erbjuder åt ethervågornas verkan, är olika i olika fall. Och om så är, då måste ock hvarje våg, som går fram öfver molekulen, sträfva att sönderdela den — att från de tyngre och stadigare beståndsdelarne deraf bortföra dem, hvilka i förhållande till sin vigt erbjuda en större motståndsyta. Tänken Er en man stående på ett skeppsdäck; sålänge både han och fartyget likformigt dela vindens och vågornas rörelse, förefinnes ingen orsak till deras åtskiljande; de befinna sig, kemiskt taladt, i inbördes förening. Men en våg, som slår öfver skeppet, påträffar mindre motstånd hos den lättare kroppen än hos den tyngre; mannen sköljes följaktligen öfver bord — och der hafva vi en bild af den kemiska dekompositionen.

En mycket grof bild visserligen, men fullt tydlig och äfven bevisande! En logisk slutledning gäller lika väl om de oändligt små kroppar, hvilka befinna sig långt utanför våra sinnens förnimmelse, som om dem, hvilka äro för stora att fattas med händerna. Ethervågornas, atomernas och molekulernas rörelse är likasåväl af rent mekanisk art, som vindens, hafsvågornas, skeppens och alla deras innevånares; mekanikens lagar måste ock gälla likaväl om de förra, som om de sednare. Jag tror icke, att någon verklig naturforskare i våra dagar vill göra någon väsentlig skilnad mellan kemiska och mekaniska fenomen. De skilja sig åt i afseende på storleken af de massor, som äro med i spelet; men det göra äfven de astronomiska företeelserna och de, som vi ständigt hafva omkring oss här på jorden. Framtidens naturvetenskap skall tvifvelsutan särskilt lägga an på att med mekanikens hjelp bringa reda inom den nu hardt nära oöfverskådliga mängden af kemiska fakta.

Tanken om en molekulernas söndersprängning genom ether-vågorna erbjuder sig alltså redan på förhand med logisk klarhet, ja nödvändighet. Men vid en närmare undersökning af sjelfva saken påträffa vi ett egendomligt förhållande: just de i mekaniskt hänseende svagaste vågorna förmå, som vi sett, åstad-286

komma just de största verkningarne; de stora brottsjöarne — för att vidhålla vår nyss använda bild — uträtta ej så mycket, som den sakta krusningen af vattenspegeln.

Hvaraf härrör då denna de korta och svaga ethervågornas förmåga att upplösa kemiska föreningsband? Är den ej en verkan af deras mekaniska styrka, måste den likasom synförnimmelsen bero af sjelfva deras periods längd. En enda våg åstadkommer blott en oändligt ringa verkan på en atom eller en molekul; för att något märkbart resultat må framkomma, måste clen lefvande kraften samlas tillhopa, de särskilda vågornas stötar måste summeras, och detta kräfver, som vi redan förut sett, en periodernas öfverensstämmelse. En enda luftstöt, som träffar en tung stämgaffel, förmår ej sätta den i rörelse och åstadkommer derför ej heller något ljud, men en serie af dylika stötar, hvilka följa hvarandra i samma takt, som gaffeln sjelf kan vibrera, bringar den i dallring. På samma sätt har man, enligt min åsigt, att tänka sig ljusets kemiska verkan; både erfarenhet och teori tyckas gifva vid handen, att sjelfva orsaken till atomernas lösslitande från hvarandra är just en konsonans med de kortare ethervågorna.

Yi återvända nu till frågan om det der molnet eller dimman, som gifvit sjelfva den ursprungliga anledningen till dessa betraktelser. Det är en gammal erfarenhet, att ljuset sönderdelar vissa kemiska föreningar; den genomskinliga ethyl- eller methyl-jodiden t. ex. blir brun och ogenomskinlig i ljuset på grund af jodens utfällande. Hela fotografien grundar sig ju för öfrigt på enahanda förhållanden. Men den metod, hvarom här blir fråga, och som består i att utsätta vissa flyktiga ämnens ångor för ljusets inverkan, sätter oss i ståncl att ej blott gifva ifrågavarande försök en särdeles öfverraskande och anslående form, att ej blott undersöka ljusets eller, rättare sagdt, den kemiska strålningens inflytande i en särdeles stor omfattning, utan ock att i våra laboratorier eftergöra vissa förlopp, som man hitintills endast i naturen kunnat iakttaga. De ifrågavarande ämnena äro alla af den art, att när deras molekuler sönderbrytas af ether-rörelsen, de nybildade kropparne äro jemförelsevis icke flyktiga, och derför utfällas i form af töcken eller moln på den ljusstråle, som de hafva att tacka för sin tillvaro.

Den vid dessa försök använda apparaten synes i bild 110. SS' är en profcylinder af glas, hvars längd vexlar mellan en och fem fot, och diameter från två till tre tum; från ändan S leder röret pp' till en luftpump. Den andra

ändan S' står i förbindelse med flaskan F (tecknad i större skala i bild 111),som innehåller den vätska, hvars ånga skall undersökas. Af de U-formade rören T, T' innehåller det ena glasskärfvor, ge-nomdränkta med svafvelsyra, det andra marmorstycken, fuktade

Bild 110.288

med kaustikt kali; deras bestämmelse är naturligtvis att upptaga den genom röret 1't inströmmande luftens vattenånga och kolsyra. Sistnämnda rör är för öfrigt stoppadt med bomull för att qvarhålla i luften uppslammade partiklar.

Genom flaskans F kork gå glasrören a, b lufttätt; det förra slutar straxt nedom korken, det andra räcker djupt ned i vätskan, der det är utdraget till en fin spets.

Sedan cylindern SS' blifvit gjord lufttom, öppnas kranen vid ändan S'; luften stryker långsamt in genom bomullen samt rören T' och T, inträder i flaskan F, som för tillfället innehåller amylnitrit, och bubblar upp genom vätskan. Här mättas den med ånga och inträder sålunda i profcylindern.

Vi låta nu en stråle från den elektriska lampan L falla in i cylindern; genom en lins samlas ljuset till en brännpunkt ungefär i dess midt. Under det första ögonblicket efter strålens insläppande är amylnitrit-ångan lika osynlig som förut, men snart inträder en kemisk sönderdelning; en lysande hvit sky betecknar ljusets bana. Ångans molekuler hafva skakats sönder, en skur af mikroskopiska partiklar har slagit ned på strålen och kommer den att lysa som ett fast glänsande spjut. Försöket visar således äfven, att huru stark en ljusstråle än må vara, är den dock i och för sig osynlig, så länge den ej har något föremål att belysa; sjelfva rymden och den ether, som uppfyller densamma, äro osynliga, ehuru strålarne från all verldens solar ila fram derigenom.

Som I sen, är den från lampan mest aflägsna delen af profcylindern tom; intet moln har der bildat sig, ehuru amylnitrit-ånga finnes lika väl der som i den främre hälften. Jag håller en konkavspegel framför ändan S' (bild 110) af cylindern och kastar sålunda strålen tillbaka ditin — men den förmår ändock ej åstadkomma någon verkan trots sin ljusstyrka; dess kemiska* kraft är tömd, den har hel och hållen förbrukats till dekom-positions-arbetet i cylinderns främre hälft. Blott en ytterst

Bild 111.289

ringa del af strålens energi var dertill användbar: den stora ljusmängd, som återstår efter utsållningen, gör ingen verkan på ångans molekuler, ehuru dess lefvande kraft tvifvelsutan är millioner gånger större än den förra. Det är endast den art af ether-rörelse, hvars period står i ett särskildt förhållande till atomernas vibration, som här kan utöfva något inflytande. Jag vänder om cylindern, så att ändan S' kommer närmast lampan, och genast fylles äfven denna del deraf under det osållade ljusets inverkan med ett lysande hvitt moln.

Solljuset, eller rättare solstrålarne åstadkomma samma verkan som de elektriska. Samlas de genom en lins till en lysande kägla, synlig i dammet i ett mörkt i-um, och hålles den med amylnitritens ånga fyllda cylindern så, att dess axel sammanfaller med käglans, bildar sig genast ett moln derinuti. Äfven här försiggår utfällningen endast i cylinderns främre hälft; först då man vänder om densamma, fylles äfven dess återstående del af den ljusa skyn. Den ethervåg, som åstadkommer dekompositionen, tillintetgöres vid och för densamma; dess dynamiska energi uppoffras dertill och förvaudlas till potentiel.

Är det till ångans molekuler eller till dess atomer, som denna ether-rörelsens energi öfverflyttas? Svaret är tydligt redan af det föregående: vore det ej till de särskilda atomerna, huru skulle de väl då kunna skakas lösa från hvarandra? Detsamma kan äfven på annat sätt bevisas; absorberar ångan, äfven sedan den blifvit försatt i flytande form, samma slags ether-vågor som förut, är detta ett tecken till, att absorptionen ej verkställes af molekulerna. Ty sjelfva denna absorption är ju, som vi redan flere gånger sett, en verkan af öfverensstämmelse i period; ethervågorna upptagas, när deras dallringar äro liktidiga med de atomers eller molekulers, hvaremot de stöta. Men tvifvelsutan förändras molekulernas perioder högst betydligt, då kroppen öfvergår från ång- till vätske-form; den elastiska kraft, som verkar mellan dem, måste naturligtvis dervid i grund förändras, och af denna beror ju deras vibrationshastighet, likasom en strängs dallringar äro beroende af den kraft, hvarmed den spännes.

Försiggår absorptionen äfven efter denna förändring af aggregat-tillståndet, är detta således ett bevis på, att molekulerna ej hafva något dermed att skaffa.

Yi skola afgöra frågan genom försök. Mellan lampan och profcylindern ställes ett platt glaskärl af endast \ tums vidd, fyldt med flytande amylnitrit, och genom detta sändes strålen in i den med ämnets ånga fyllda cylindern. Så betydlig dess ljuskraft än är, förmår den dock ej utöfva den ringaste verkan på ångan; vätskan bar helt och hållet plundrat den på dess

IQ

kemiska kraft, Men borttagom glaskärlet — och genast börjar sönderdelningen; det nyss skenbart tomma röret fyller sig genast med vårt välbekanta moln, som bildas genom en del af strålen och upplyses af en annan.

I stället för att använda luft såsom det medium, hvarigenom ångan införes i cylindern, kan man likasåväl begagna syre, väte eller qväfve dertill; och i stället för amylnitrit kunna åtskilliga andra ämnen användas, hvilkas utomordentliga känslighet i detta hänseende hittills varit lika litet bekant som den förres. Jag vill särskilt påpeka ett hithörande förhållande, emedan det erbjuder en märkvärdig analogi med ett af de vigtigaste i naturen uppträdande förlopp. Vår atmosfer innehåller som bekant kolsyra, ur hvilken växterna hämta sin näring. Detta sistnämnda kan emedlertid ej ske annat än genom förmedling af solstrålarne, och å andra sidan kunna ej heller dessa strålar utan växternas förmedling sönderdela kolsyran. Först inne i sjelfva bladen, i omedelbar närhet till de ämnen, hvilka äro i beredskap att draga nytta af denna sönderdelning, försiggår densamma under ethervågornas inflytande; kolet upptages af växtorganismen och användes till dess behof, under det syret återgifves åt-atmosferen.

Den cylinder, som nu är framme, innehåller en annan ånga än den förra, nemligen af butylnitrit. Sändes en stråle derigenom, förmärkes knappast något spår af kemisk verksamhet. Men insläppes först litet luft, som fått bubbla upp genom chlor-vätesyra, inträder vid ljusets insläppande en så plötslig sönderdelning, och molnet utfälles så ögonblickligt, att man knappt förmår med ansträngning af all sin uppmärksamhet iakttaga någon mellantid af mörker. Denna utomordentliga stegring af den kemiska verksamheten beror af syrans närvaro; likasom chlorophyllen och kolsyran i växternas blad, verka här chlor-vätet och butylnitriten på hvarandra under de elektriska strå-larnes inflytande.

Äfven amylnitriten erbjuder ett dylikt exempel. Den sönderdelas visserligen äfven ensam för sig af strålen, men ojemförligt hastigare och praktfullare blir effekten, om chlorväte finnes tillstädes. Jag insläpper i cylindern först luft, som fått bubbla genom den flytande amylnitriten, till en fjerdedels atmosfers tryck och derefter lika mycket luft, som fått genomgå chlorvätesyra. Vid ljusets inträde i denna blandning utfälles ögonblickligen ett moln af utomordentlig täthet och prakt; lik en plogbill tyckes strålen genomgå denna lysande dimma, kastande de utfällda partiklarne i hopar till höger och venster om sig.'291

En vacker förändring af försöket är följande. Jag förbinder medelst ett kautschulcrör pipen af en liten blåsbälg med glasröret b af flaskan F, som nu löstagits från den öfriga apparaten och innehåller amylnitrit. En hastig stöt af bälgen sänder en liten puff af ånga ut genom röret a; denna ånga är i vanligt diffust ljus osynlig. Men får den inträda i koncentreradt solljus eller i den elektriska lampans strålar, utfälles den just på gränsen i form af moln och bildar en lysande hvit ring. Denna sistnämnda har uppenbarligen alldeles samma orsak som den rökring, hvilken utslungas från en kanonmynning vid skottets aflossande eller som en tobaksrökare kan utblåsa; men den är osynlig, ända tills den utfälles genom de kemiska strålarne.

Vi kunna naturligtvis gifva ifrågavarande "aktiniska moln" hvilken grad af tunnhet vi behaga, genom att på förhand göra ångans täthet eller tryck i cylindern tillräckligt ringa. Är denna täthet mycket liten, blifva de utfällda partiklarne till en början utomordentligt små, alltför små tillochmed att kunna göras synbara genom den starkaste möjliga förstoring; sannolikt uppgår deras diameter då ej ens till någon milliondels tum. Men de tillväxa så småningom i storlek och utsända derunder en ständigt tilltagande mängd af synlig ether-rörelse, tilldess slutligen

det aktiniska molnet fyller hela rummet med ett klart hvitt ljus. Under denna tillväxt visa sig ofta de skönaste regn-bågsfärger; ej sällan har jag med beundran och förtjusning sett sådana i den atmosfer, som hvilar öfver Alpernas toppar, men likväl aldrig några så praktfulla som de vid dessa laboratorieförsök frambragta. Dock är det ej med dessa vackra företeelser, som vi nu skola sysselsätta oss, utan med tvenne andra frågor, hvilka hittills stått som olösta gåtor inom meteorologien — himlahvalfvets blå färg och polarisationen af dess ljus.

För det första: Huru uppkommer denna färg, och kunna vi ej eftergöra den? Den har tydligen ej samma orsak som kroppars vanliga färger, d. v. s. absorptionen. En violblomma är blå, och ett geranium rödt derföre, att deras molekuler hafva egenskapen att upptaga och utsläcka vissa beståndsdelar af solljuset, samt återsända endast de blå strålarne i förra fallet, de röda i det sednare. Himlens färg är icke af detta slag, dess ljus är rcflehteradt; och funnes det ej i atmosferen något, som förmådde återkasta solstrålarne, skulle vi ej se det blå fästet, utan endast den gränslösa rymdens svarta mörker. Detta det blå ljusets återkastande verkställes af fullkomligt färglösa partiklar, och det tyckes verkligen, som om den enda nödvändiga egenskapen hos sådana för att kunna utvälja och reflektera

19*292

strålar af just denna färg vore blgtt — en tillräcklig grad af litenhet.

Åtminstone synes det så af följande försök. Genom att behörigen afpassa den i cylindern insläppta ångans mängd, kan man låta de utfällda partiklarne växa upp från en rentaf ultra-mikroskopisk litenhet och sålunda, vid ett visst stadium af sin tillväxt, frambringa en färg, som täflar med eller öfverträffar den renaste italienska himmels. I cylindern insläpper jag nu luft, blandad med ånga af butylnitrit, till blott atmosfers tryck, samt derefter Js atmosfer af luftblandadt chlorväte, och sänder den elektriska strålen in i denna ytterst tunna gas. Reaktionen inträder mycket långsamt, men småningom utvecklar sig inom cylindern en lysande azur, som till en tid ökas i styrka, derefter uppnår ett maximum af djup och renhet, samt tillsist öfvergår till ett hvitaktigt blått, då de reflekterande partiklarne blifva större. Experimentet förtydligar en allmän princip; åtskilliga andra färglösa ämnen af de mest skiljaktiga såväl optiska som kemiska egenskaper kunna dertill användas, och i hvarje fall företer det aktiniska molnet i början af sin daning denna praktfulla blå färg *).

Men det gifves ock en annan hithörande fråga, af ännu hemlighetsfullare beskaffenhet än den förra, nemligen om polarisationen af himlahvalfvets ljus; talrika observationer derpå hafva anställts af Brewster, Arago, Babinet, Herschel, Wheatstone och Rubenson. Hvad betyder för det första sjelfva namnet? I hvarje ljusstråle röra sig, såsom redan mer än en gång är nämndt, de dallrande etherpartiklarne fram och tillbaka vinkelrätt mot strålens linie, och i den vanliga strålen försiggår denna rörelse i hvarje mot nämnda linie vinkelrät rigtning. I den polariserade är detta deremot ej fallet; dallringen försiggår der blott i en enda dylik rigtning, och samtliga de vibrerande etherpartiklarne röra sig alltså i ett och samma plan. Strålen har sålunda fått en slags "fad-sidighet," och detta är äfven anledningen till namnet; med polära krafter mena vi ju i allmänhet sådana, i hvilka en dualitet af attraktion och repulsion röjer sig; magnetens polaritet består deri, att den har två ändar eller poler, som verka i motsatta rigtningar.

*) Författaren uttalar här den förmodan, att de ifrågavarande ultra-mikroskopiska partiklarne skola, just på grund af denna sin egenskap, hafva större inflytande på de korta ljusvågorna än på de langa och följaktligen reflektera företrädesvis blått ljus, eftersom 'de blå ljusvågorna äro de minsta och kortaste af alla de synliga" — en hypotes, som väl svårligen torde kunna försvaras.293

En vanlig ljusstråle blir polariserad dels vid återkastning (reflexion), dels vid brytning (refraktion). Tänkom oss, att strålen i sned rigtning träffar en speglande yta *); det återkastade ljuset blir då alltid mer eller mindre polariseradt, d. v. s. en viss vibrationsrigtning blir alltid mer eller mindre förherrskande inom etherpartiklarne, men för en viss anfallsvinkel, den s. k. polarisationsvinkeln, blir denna polarisation fullständig. Denna vinkel är olika för olika reflekterande ämnen; den är för vatten 52^°, för glas 57lQ, för diamant 68°, och dess storlek står i sjelfva verket i nära samband med ämnets brytnings-förmåga. Ar detta nemligen, såsom fallet är med de nyssnämnda, genomskinligt, så intränger en del af den anfallande strålens ljus deri såsom brutet, under det en

annan del återkastas, och en, af Brewster funnen, enkel lag säger, att polarisationsvinkeln är just den anfallsvinkel, för hvilken den brutna och den återkastade strålen bilda rät vinkel med hvarandra.

Ett annat medel att polarisera en ljusstråle består i att låta den genomgå vissa genomskinliga kristaller. Äfven dessa förete ju ett slags tvàsidighet; sjelfva deras partiklars anordning medgifver vibration endast i vissa bestämda rigtningar. En turmalinkristall t. ex. lägger hinder i vägen för alla vinkelrätt mot dess axel försiggående etherdallringar, under det den lemnar fri passage åt alla med samma axel parallela; och följden häraf blir naturligtvis, att en ljusstråle, som genomgått en dylik kristall, är polariserad vid utträdet ur densamma. Något olika är förhållandet med den genomskinliga Islandsspa-ten; den är dubbelbrytande, d. v. s. den genomgående strålen uppdelas i tvenne, hvilka båda äro polariserade, men på det sätt att den enas vibrationsplan är vinkelrätt mot den andras.

Genom att skära kristallen på ett särskildt sätt kan man emedlertid göra sig af med den ena af dessa båda strålar, hvilken reflekteras bort, och det sålunda erhållna instrumentet benämnes efter sin upptäckare ett Nicols prisma. En vanlig ljusstråle, som genomgår ett dylikt, blir alltså polariserad; dess ethervibrationer inskränkas till ett enda plan, hvilket vi för kortliets skull vilja kalla prismats "principalplan". Antagom, att strålen är polariserad redan fore sitt inträde i prismat; är då dess vibrationsplan detsamma som instrumentets principal-plan, genomsläppes den naturligtvis fullständigt och utan något hinder; äro deremot de båda planen vinkelräta mot hvarandra,

*) Polarisationen upptäcktes af Malus år 1808, som det berättas, i en ljusstråle, reflekterad från en fönsterruta i Palais de Luxembourg i Paris.•294

hindrar prismat helt och hållet strålens ethervibrationer och genomsläpper följaktligen ej det ringaste af dess ljus. Och bilda slutligen de båda planen en sned vinkel med hvarandra, kunna vi tänka oss den polariserade strålens vibrationskraft uppdelad i tvenne inbördes vinkelräta sidokrafter eller "komposanter," den ena belägen i principalplanet, den andra vinkelrät deremot; prismat genomsläpper, på grund af det anförda, fullständigt den förra, men tillintetgör lika fullständigt den sednare — och följden häraf blir tydligen, att blott en del af den ursprungliga strålens ljus framsläppes, nemligen en i samma mån mindre del, som vinkeln mellan de båda planen närmar sig en rät *).

Ett Nicols prisma kan derföre användas till undersökning af en ljusstråles beskaffenhet i ifrågavarande hänseende; betraktar man genom detsamma en lysande kropp, som utsänder vanliga strålar, t. ex. solen, så förmärkes under prismats kringvridning ingen förändring af ljusets styrka; det genomsläppes lika lätt i hvilken ställning af instrumentet som helst. Men föreställom oss, att vi betrakta en punkt af det blå himlahvalfvet genom ett dylikt prisma; vrida vi det derunder kring dess axel, varseblifva vi betydliga förändringar af ljusstyrkan, d. v. s. af den observerade himlatraktens klarhet. I en viss ställning af instrumentet går ljuset oförsvagadt igenom; vrides detta derefter nittio grader kring sin axel, blir ljuset mer eller mindre utsläckt, och den ifrågavarande fläcken af himlen synes alltså mer eller mindre mörk. Och vid närmare undersökning finner man, att skilnaden mellan det genomsläppta ljusets största och minsta styrka blir maximum, då instrumentets axel rigtas vinkelrätt mot solstrålarne. Resultatet häraf är alltså, att himlens ljus är polariseradt, och att trakten för den fullständigaste polarisationen är, som man säger, belägen 90° från solen.

*) Hvad som här blifvit sagdt om ljuset, gäller naturligtvis lika mycket om det strålande värmet. Låter man en kraftig stråle från en elektrisk lampa först genomgå en lösning af jod i kolsvafla, som fullständigt beröfvar den dess lysande beståndsdelar, samt derefter ett Nicols-prisma, så erhålles en polariserad mörk värmestråle. Ställes i dennes väg ett annat dylikt prisma, hvars principalplan är vinkelrätt mot det förras, så hindras värmet fullständigt att framtränga, och intet inflytande deraf röjes på en bakom det andra prismat stående termo-elektrisk stapel. Vrides derefter detta andra prisma en rät vinkel, så att dess principalplan sammanfaller med den polariserade värmestrålens vibrationsplan, så tränger värmet obehindradt igenom detsamma och kan ej blott sända den med stapeln förenade galvanometerns nål upp till 90°, utan tillochmed låta den snurra ett par gånger rundtomkring gradskifvan.•295

Så mycket om sjelfva företeelsen, men vid försöket att förklara den möta vi en betänklig svårighet.

Himlahvalfvets ljus är, som redan förut är sagdt, reflekteradt solljus — men från hvilket ämne återkastas det? "Vore vinkeln för den starkaste polarisationen," säger J. Herschel, 76° i stället för 90°, skulle vi väl tänka på vatten eller is som den reflekterande kroppen, så svårt det än vore att föreställa sig det ena eller det andra i en fullkomligt klar atmosfer". Men just det nämnda förhållandet gör denna hypotes omöjlig; det finnes intet ämne i verlden, för hvilket man, vid tillämpning af Brewsters ofvan anförda lag, finner nämnda värde på maximi-polarisationens vinkel *).

Jag har nyss visat Er och skall ännu en gång visa, att himmelsblått kan frambringas genom ytterst små partiklar af snart sagdt hvilken slags materia som helst. Men dervid vill jag tillika ådagalägga dels, att polarisation, fullkomligt analog med himlens, frambringas af dylika partiklar, dels att Brewsters lag alldeles icke gäller i fråga om materia i detta ytterst fint-fördelade tillstånd — der hvarje dess partikel sannolikt är mycket liten tillochmed i jemförelse med en ethervågs längd och liöjd — utan att rigtningen för den starkaste polarisationen då är fullkomligt oberoende af polarisationsvinkeln i ofvan anförda betydelse. Hvarför detta är fallet, det måste undulationsteorien framdeles förklara.

I profcylindern insläpper jag nu en, liksom förut, ytterst tunn blandning af allyljodid-ånga och luft, som fått bubbla upp genom chlorvätesyra; när den elektriska strålen faller derpå, synes under en tid alls ingenting. Tvifvelsutan försiggår dock äfven nu en kemisk verksamhet jemte åtföljande kondensation, ehuru de utfällda molekulerna ännu ej hunnit sammansmälta till nog stora partiklar att kunna inverka på ljusvågorna. Helt

*) För deu med optikens första grunder förtrogne må följande förklaring bifogas. Betecknas infalls-, reflexions- och brytnings-vin-keln med, resp., i, q, r, samt ämnets brytnings-index med n, så är som bekant

Vid det tillfälle, då polarisations-maximum eger rum, skall man på erund af Brewsters lag hafva

p -f- r = 90°.

Men vid fråga om himlahvalfvets ljus bilda, flå maximum inträffar, den direkta strålen (från solen) och den reflekterade 90° med hvarandra, alltså är äfven

i + p = 90°,

hvadan i = r = 45°, och således w = l, hvilket naturligtvis aldrig kan inträffa. A-296

visst uppgår, såsom förut är nämndt, dessa först bildade par-tiklars diameter ej ens till någon milliondels tum, och likväl erfordras till bildande af hvarje sådan hela skaror af molekuler; helt visst hafva vi således, trots alla nutidens utmärkta mikroskopiska hjelpmedel, ännu mycket långt qvar till förverkligandet af den förhoppning, som redan Newton uttalade, att man en dag skulle lyckas att få se sjelfva molekulerna. Men under det jag talar, sen I redan denna fina blå färg utveckla sig inom cylindern och gradvis tilltaga i styrka. Ingen himlens färgton kan öfverträffa den i renhet, men de partiklar, hvaraf den frambringas, ligga ännu långt utom våra bästa mikroskopers synhåll; intet tecken till diskontinuitet kan upptäckas inom densamma — en sådan skulle uppenbarligen röja dessa individuela partiklars tillvaro — fullkomligt jemn och oafbruten sträcker den sig genom cylindern. Till en början är den lika dunkel som himlen, sedd från de högsta Alpspetsarne och uppenbarligen af samma orsak, men den blir småningom ljusare, tills omsider en hvitaktig anstrykning börjar göra sig märkbar deri — ett tecken till, att partiklarne redan uppnått en viss storlek.

I stället för allyljodid eller butylnitrit kunde man här lika väl använda amylnitrit, kolsvafla, benzol, benzoë-ether eller något annat af de ämnen, som innehållas i detta dussintal flaskor, som I sen framför mig här på bordet; i hvarje fall då den utfällda materien långsamt öfvergår från molekulärt till ett mera sammanhängande tillstånd, betecknas denna öfvergång genom den blå färgens uppträdande. Jag betraktar nu denna färg — ett blått "moln" är onekligen en mindre lämplig benämning på densamma, emedan dess byggnad och egenskaper äro fullkomligt olika de vanliga molnens — genom ett Nicols prisma, hvaraf jag önskade att kunna sätta ett exemplar i handen på enhvar af Er; här är såtillsägandes ett stycke himmel, ännu fullkomligare än himlen sjelf. Ty blickar man här vinkelrätt mot den elektriska ljusstrålen, liksom vi nyss tänkte oss se mot himlen i vinkelrät rigtning mot solstrålarne, erhålles ej blott en partiel, utan en fullkomlig polarisation; vid en ställning af prismat framkommer

det blå ljuset obehindradt till ögat, vid en annan afstänges det helt och hållet, och profcylindern tyckes då i optiskt hänseende alldeles tom. Man kan lämpligen ställa bakom densamma en svart yta, för att ögat ej må förvillas af annat ljus; då prismat derefter hålles i den sistnämnda ställningen, synes denna svarta yta utan ringaste afbrott, ty partiklarne inom röret äro sjelfva osynliga, och det ljus, som från dem utsändes, blir alldeles släckt. Vore himlens ljus lika fullständigt polariseradt, skulle vi, vid samma ställning297

af prismat, ej se fästets milda glans, utan endast rymdens svarta mörker.

Af det jag nyss anfört beträffande Nicols-prismats verkan på polariserad! ljus, kunna vi nu medelst detsamma ganska lätt bestämma ifrågavarande blå ljus' vibrationsrigtning. Antagom en linie dragen från en punkt hvilkensomhelst af cylindern vinkelrätt mot dess axel och således äfven mot den från lampan infallande ljusstrålen; de etherpartiklar, som föra ljuset längs denna linie, vibrera i en både mot densamma och mot cylinder-axeln vinkelrät rigtning. Och om huru många sådana linier som helst dragas på samma sätt från cylindern, likasom ekrarne i ett hjul, så vibrera etherpartiklarne efter samma lag längs dem allesammans; om hela systemet skäres af ett mot cylinder-axeln vinkelrätt plan, äro samtliga ethervibrationerna parallela med detta. Eller föreställen Er en cirkel uppritad rundtomkring och på ytan af profcylindern, samt åtskilliga snören fästade vid olika punkter af denna cirkel; sträckas de alla vinkelrätt mot cylinder-axeln och försättas i vågformig rörelse genom stötar, som rigtas vinkelrätt både mot dem och mot axeln, så gifva deras partiklars rörelser en tydlig bild af etherns.

Vårt aktiniska moln är alltså i början af sin tillvaro en verklig polarisations-apparat, och mellan detsamma och det Ni-cols prisma, som jag här håller i handen, kunna de vanliga polarisations-fenomenen frambringas. Hålles t. ex. en selenit-skifva mellan båda, erhålles det välbekanta, af ifrågavarande teori förklarade, färgspelet; skifvan visar sig i en, af dess tjocklek beroende färg. Är den jemntjock, företer den blott en enda färg; är den kilformigt afslipad mot sin ena kant, förete sig lysande färgband, parallela med den; och är den slutligen cirkelrund, tunnast i medelpunkten och småningom tilltagande i tjocklek mot periferien, erhålla vi, i stället för parallela band, ett system af koncentriska färgringar. Ifrågavarande färger äro starkast, om man ser genom skifvan vinkelrätt mot cylindern. Och alldeles samma företeelser uppträda, om vi se mot den blå himlen, i stället för mot det aktiniska molnet, i en mot solstrålarne vinkelrät rigtning.

Hittills hafva vi belyst vårt moln med vanligt ljus och funnit den del af detta ljus, som återkastas åt sidorna fullkomligt polariserad. Men nu vilja vi undersöka, hvilken följden blir, om redan sjelfva det från lampan i cylindern inträdande ljuset är af nämnda art, Mellan båda instrumenten sätter jag derför ett Nicols prisma, som fullständigt polariserar den elektriska strålen och det så, att det i cylindern inträdande ljusets vibrationsplan blir lodrätt, Huru kommer nu molnet298

att förhålla sig i afseende på detta ljus? Detta formlösa aggregat af oändligt små partiklar, utan något tecken till regelbunden sammansättning, ådagalägger ljusets tvåsidighet på det mest slående sätt; det är alldeles urstånd att reflektera uppåt eller nedåt, men återkastar ljuset fullkomligt obehindradt åt sidorna, d. v. s. i vågrät rigtning. Jag vrider nu prismat så, att det infallande ljusets vibrationsplan blir vågrätt; molnet kastar då strålarne uppåt och nedåt, men kan ej reflektera en enda i vågrät rigtning.

Antagom, att vår planets atmosfer vore omgifven af ett alldeles ogenomskinligt skal, men med en öppning åt solen till, hvarigenom en dess stråle kunde intränga. Omgifven på alla sidor af icke direkt belyst luft, skulle denna stråle befinna sig i just samma förhållande som den elektriska i ett mörkt rum, fyldt med vårt, i sin första daning ännu stadda, aktiniska moln; solstrålens bana skulle blifva blå, och den skulle utströ åt alla sidor polariseradt ljus af samma art som det vi nyss betraktat. Och om ett Nicols prisma vore anbragt just i den der öppningen, hvarigenom strålen fick inträda i atmosferen, skulle dess ljus vid sjelfva inträdet blifva polariseradt ; af de partiklar, som frambringa himmels-azuren, skulle det återkastas i blott två rigtningar — alldeles så, som af vårt artificiela moln. Med en dylik ensam stråle, som ginge fram genom den mörka atrnosferen, skulle vi med ett ord kunna åstadkomma samma optiska effekter, som nyss inom profcylindern. Vid frambringandet af dylika moln skapa vi, så att säga, små stycken af himmel i våra laboratorier och kunna följaktligen der i smått eftergöra

alla hithörande företeelser, som det fria fästet erbjuder.

Kortare måste jag fatta mig beträffande de märkvärdiga ljus-effekter, som vårt aktiniska moln företer, när dess partiklar tillväxa i storlek, så att dess beskaffenhet närmar sig till likhet med de naturliga skyarnes. Det system af färgringar, hvilka den på ofvanbeskrifne sätt. slipade selenit-skifvan företer, är ett ytterst känsligt medel för upptäckandet af polariseradt ljus. Se vi genom densamma vinkelrätt mot den af blått moln fyllda cylindern, framträda ringarnes färger aldra tydligast, under det de synas svagare, då molnet betraktas i sned rigtning. Men låtom oss allt fortfarande se genom prismat och selenit-skifvan vinkelrätt mot molnet; dettas partiklar tillväxa i storlek, skyn blir allt gröfre och hvitare, skifvans färgringar allt svagare; slutligen upphör molnet att utsända polariseradt ljus i den vinkelräta rigtningen, och ringarne försvinna helt och hållet. Men om nu molnet betraktas snedt, framträda åter färgerna ganska tydligt, om också ej med samma klarhet som i början; ehuru299

<let vinkelrätt utsända ljuset ej längre är polariseradt, fortfar alltså molnet att reflektera sådant i sned rigtning. Maximipo-larisationens rigtning ändrar sig följaktligen med molnets textur.

Den olikhet, jag flere gånger påpekat, mellan vårt aktiniska moln i början af dess tillvaro och atmosferens skyar kan rätt tydligt åskådliggöras genom ett experiment; vi skola nemligen bilda ett moln af det sednare slaget inuti ett af det förra och sålunda eftergöra ett på himlahvalfvet ganska vanligt fenomen. Jag insläpper i cylindern först ånga af allyljodid till atmosfers tryck och fyller den derefter med luft, som fått genomgå chlorvätesyra; då den elektriska strålen under en tid fått verka på denna blandning, uppträder vår välbekanta blå färg. Man kan nu kondensera vattenånga inom cylindern och sålunda bilda en vanlig sky; för detta ändamål öppnar jag en förbindelse mellan denna cylinder och ett lufttomt kärl, hvars rymd är omkring en tredjedel af den förres. Blandningen af ånga och luft strömmar genast häftigt ut i det tomma kärlet, och på grund af den genom förtunningen uppkomna afkylningen kondenseras ögonblickligen ångan inom cylindern, samt bildar ett vanligt moln af samma art som dem, vi se sväfva uppe i luften. Men den obetydliga värmeförlust, som uppkommit genom förtunningen, godtgöres hastigt nog åter; under det vi ännu betrakta den nybildade skyn, upplöser den sig snart, och den blå färgen framträder ånyo — liksom ett hvitt fjädermoln på himlahvalfvet synes smälta bort i den omgifvande azuren.

Sjelfva seendet af ett föremål beror uppenbarligen af en olikartad inverkan på olika delar af ögats näthinna; föremålet särskiljes från sin närmaste omgifning genom sitt, i jemförelse med dennas, starkare eller svagare ljus. Derföre förändras ock föremålets utseende genom förändring af det ljus, som faller vare sig på detsamma sjelft eller på omgifningen. Tänkom oss t. ex. några hvita skyar flytande uppe i atmosferen med stora fläckar af blått mellan sig; betrakta vi dem genom ett Nicols prisma, så fördunklas vid en viss ställning af instrumentet den blå bakgrunden, på grund af sin polarisation, under det skyns eget hvita ljus, som är opolariseradt, ej kan på detta sätt minskas eller släckas. Om vid solnedgången en rödaktig sky svävfvar, såsom det ofta händer, just i maximi-polarisationens trakt, ser man den genom Nicols-prismat flamma i ett ännu starkare rödt, just i följd af himlagrundens förmörkande. Sistlidne påskafton företedde vid Dartmoor himlen, som nyss blifvit rensad af en snöstorm, en ovanligt vild anblick; rundtomkring horizonten var den af en stålartad glans, under det rödaktiga stack- och fjäder-moln drogo söderut. Försvagades då himlagrundens ljus300

genom Nicols-prismat, framträdde dessa flytande molnmassor som glödande kol, hvilkas förbränning stegras genom häftig påblås-ning. I Alperna träffar man de praktfullaste exempel på röd-glödande skyar och snömassor, så att den här ifrågavarande effekten der kan iakttagas under de mest gynsamma förhållanden. Betraktar man der ett snöberg, som för obeväpnadt öga synes glänsa af den skönaste "Alpenglüh," genom ett Nicols prisma, så förete sig vid instrumentets kringvridning de underbaraste färgspel; vid en ställning af prismat synes berget t, ex. blekhvitt mot en mörk bakgrund, och efter nittio graders vridning mörkviolett mot en ljus grund. Genom någon öfning lär man sig snart att så hastigt förändra instrumentets ställning, att denna färgvexling försiggår i ett enda ögonblick ; den snabba öfvergången från mörker till ljus ger då fullkomligt intrycket af blixtar bakom bergen, och det ligger nästan något hemskt i att se, huru dessa, mäktiga massors utseende och deras konturers tydlighet ögonblickligt förändras under prismats inflytande.

Härtill bidrager äfven en annan omständighet Luften kring dessa berg är ofta uppfylld af ett opalescerande, silverglänsande töcken, som gör konturerna otydliga, visst icke derför att det verkar såsom någon ogenomskinlig skärm, utan emedan det återkastar ljus, som bländar och förvillar ögat. Detta ljus är, likasom det från himlahvalfvet reflekterade, polariseradt; det dämpas följaktligen af Nicols-prismat, och dervid framträda bergsryggar och toppar med öfverraskande tydlighet,

Ifrågavarande förhållanden hafva en stor betydelse för det, som landskapsmålare kalla "luftperspektivet". Om vi från toppen af Aletschhorn eller något lägre berg låta blicken sväfva öfver en mängd höjder, så visar sig, isynnerhet om de äro mörka, t, ex. bevuxna med furuskog, hvarje spets och hvarje rygg skild från de derbakom belägna genom detta blåaktiga töcken, hvilket kommer olikheten i afstånd att rätt tydligt framträda. Betraktas detta töcken genom ett Nicols prisma, helst i en mot solstrålarne vinkelrät rigtning, blir dess ljus utsläckt på grund af sin polarisation; luftperspektivet försvinner derigenom helt och hållet, och berg, som i verkligheten befinna sig på mycket olika afstånd från oss, tyckas rentaf ligga i samma plan. I närheten af Bel-Alp t. ex. finnes en djup klyfta, hvarigenom Massa flyter, och på andra sidan derom höjer sig en vägg, beväxt med furuskog. Man kan från vissa punkter se denna vägg mot de på andra sidan om Rhöne-dalen belägna höjderna såsom bakgrund, och mellan båda uppträder då detta töcken, som röjer det betydligä afståndet mellan dem.301

Men vid vissa timmar på dagen kan detta blåaktiga skimmer alldeles utsläckas genom ett Nicols prisma, och då tyckas båda bergsryggarne lika aflägsna från ögat, ehuru deras inbördes afstånd i verkligheten utgör åtminstone halfannan mil. Detta töcken vexlar med atmosferens värmegrad och fuktighet. Vid vissa tider och ställen tyckes det lika blått som sjelfva himlen; men för att kunna riktigt iakttaga dess färg, måste man bortvända sin uppmärksamhet från sjelfva bergen och skogarne der-bakom. I verkligheten är det helt enkelt ett stycke himmel; det frambringas på alldeles samma sätt och beror af samma lagar som sjelfva det blå firmamentet. Vi lefva i himlen, ej under den.

Vidare består ett landskaps, likasom de flesta andra föremåls ljus af tvenne delar; den ena härrör hel och hållen af reflexion från sjelfva ytan af kropparne och har alltid samma färg som sjelfva det ursprungliga ljus, hvilket faller på landskapet; den andra delen kommer till vårt öga från ett visst djup mom föremålen, och det är denna del, som gifver dem deras olika färger. Solens hvita ljus intränger till ett visst djup inom kropparne och blir till en del åter utkastadt genom en inre reflexion, vid hvilken de särskilda ämnenas olika mole-kularbeskaffenhet utöfvar stort inflytande; detta hvita ljus sållas följaktligen af föremålen, hvilka visa sig i de färger, som efter sållningsprocessen återstå och träffa åskådarens öga. Gräsets ljusa och furans mörkare gröna färger komma följaktligen till oss ej ensamma, utan alltid blandade med en viss mängd annat ljus, som härrör af yt-reflexionen och meddelar en slags hård glans åt ängar och skogar. Men under vissa omständigheter kan detta sistnämnda utsläckas genom ett Nicols-prisma, och då framträda gräs och löf med sina verkliga färger; de förete då en egendomlig, rik och mjuk färgton, som ej stores af någon yt-reflex. På barr- och ännu bättre på löf-träd kan detta ganska tydligt iakttagas, och ett glimrande majsfält erbjuder de aldra egendomligaste förändringar i färgton, om det betraktas genom ett roterande prisma.

Tillsist ännu en anmärkning beträffande den vigtiga fråga, som jag här sökt på experimentel väg besvara. Hvilken skulle väl följden blifva, oin dessa oändligt små partiklar i vår atmosfer, hvilka nedsända till oss det blå himlaljuset, försvunne derur? Solstrålarne skulle då framtränga genom vår luftkrets utan att alls reflekteras eller förströs åt sidorna; jorden skulle gå miste om himlens ljus, och hela fästet synas svart. En sådan förlust blefve tvifvelsutan fruktansvärd. Jag har redan visat, att det organiska lifvet på vår planets yta är helt och hållet beroende302

af solens kemiska strålkraft; att växtverlden, från hvilken den animala omedelbart eller medelbart hemtar sin näring, uppbygges af kol, som under nyssnämnda strålars inflytande afsöndras ur luftens kolsyra; jag har ock nämnt, att de i kemiskt hänseende ojemförligt, att ej säga uteslutande, verksamma strålarne äro just de mest brytbara, de som bilda spektrums blå och violetta del, eller tilloehmed vid den prismatiska sönderdelningen falla utanför denna ända af det synliga spektrum. De särskilda strålarnes kemiska värde är utomordentligt olika; de

skilja sig i detta hänseende från hvarandra fullt likaså mycket, som ett lands guldmynt skiljer sig i värde från dess kopparmynt. Nåväl — det är just solens guld, som himlen låter nedströmma på jorden. Genom observationer, anställda i Kew, har Roscoe *) visat, att det af korta ethervågor bestående himlaljuset har ett större kemiskt värde, än sjelfva det direkta ljuset från solen, då dess höjd öfver horizonten är 42°. Och kan än härvid den anmärkning göras, att de ämnen, hvilka han utsatte för ljusets inflytande, äro särskilt känsliga för detsamma, samt att de strålar, som företrädesvis verka inom växtverlden, möjligen ej äro desamma, som verkat på ifrågavarande ämnen, håller jag det likväl för mycket sannolikt, att då en gång frågan blifvit genom fullt noggranna iakttagelser utredd, himlaljusets betydelse för det organiska lifvet på jorden ej skall visa sig mycket ringare än det af Roscoe angifna.

*) Proceedings of the Royal Institution, vol. IV s. 657.

Alfabetiskt Register.

(Ziffrorna angifva sidotalen).

Absolut nollpunkt, temperaturens, 47

— temperatur, 75 Absorption, ljusets, 164

— , värmets, 162—233 Absorptionssatsen, 262 Adhesion hindrar kokning, 71 Aëroliter, 8

Aethrioskop, 214 Aggregat-tillstånd, 36

— förändras ge-

nom värme, 88 Aktiniska moln, 291 Aktuel energi, 81 Alpenglüh, 300 Amplitud, 160, 227 Arbete, inre, 84

— , yttre, 89 Argandsk lampa, 168 Astatiskt nålsystem, 14 Atermansi, 166

Atmosferens absorption af solstrå-larne, 267

— tryck, dess belopp, 38

— — hindrar kok-

ning, 71

— vattenånga, 106, 205 —214

Atomvigter, 84

Baco, försök med vattens sammantryckning, 83 — , åsigt om värmet, 17 Bergsalts diatermansi, 167, 176 Blocs perchés, 117 Borsyre-ethers absorptionsförmåga, 193, 204

Boutigny, sferoidala tillståndet, 99 Brewster, polarisationslag, 293 — , salpetersyrlighetsgasens absorption, 262 Bunsen, gasbrännare, 32

— , teori för Geysern, 78 Cailletet, gasers förvandling till

vätskor, 41 Calorescens, 242 Caloricum, 17

Celsius, termometerskala, 58 Chladni, hypotes angående stjernfall, 8

Clausius, gas-atomers hastighet, 38

Colding, värmets mekaniska eqvivalent, 27 Cumuli, 212

Hägg, Wells teori för, 255 Davy, is' smältning genom friktion, 18

— , rotationshypotesen, 37

— , säkerhetslampa, 135

— , teori för ljuslågan, 30

— , värmets fortplantning ge-

nom tomrum, 142

— , värme-utveckling genom

slag i tomrum, 7 De Candolle och De la Bive, träds

värmeledningsförmåga, 128 Despretz, försök ang. värmeledningen, 121, 136 Diatermansi, 166 Differential-termometer, 171 Dilatations-koëfficienter, 40, 57 Dissonans, 223304

Donny, iakttagelse ang. vattnets

kokpunkt, 69 Dräper, upphettade kroppars utstrålning, 223 Drummond, kalkljus, 246 Dubbelbrytande islandsspat, 293 Dynamisk energi, 81

— utstrålning och absorption, 201

— värmeteori, 17 Elektricitetens samband med värmet, 122

Elektrisk lampa, 48 Emissionsteorien, 145 Energi, aktuel och potentiel, 81 Eqvivalent, ljusets mekaniska, 251

— , värmets mekaniska,

26, 43

Ether, hypotetiskt ämne, 146 Evaluering af galvauometergra-der, 194

Explosion, orsak till ångpannors, 70, 99

Fahrenheit, termometerskala, 58 Fairbairn, smältpiinktens ändring

genom tryck, 64 Faraday, försök med smält is, 70

— , isens regelation, 114

— , magnet-elektriciteten, 24

— , qvicksilfver frysning i

en glödande degel, 99

Firn, 112

Florentiner-experimentet, 83 Fluorescens, 149, 242 Forbes, isteori. 116 Fosforescens, 254 Fotosferen, 264

Frankland, uudersökning ang. förbränningen, 34 Franklin, färgens inflytande på

absorptionen, 248 Franz, kroppars värmeledningsförmåga, 122 Fraunhoferska linierna, 264 Fresnel, arbeten i optik, 145 Frysning i glödande degel, 99

— , qvicksilfver, 94

— , vattens, 49

Färgens inflytande på strålning

och absorption, 161, 248 Förbränning, teori för, 30 CÄalvanometer, 3, 13

— , evaluering af dess grader, 194 Gaser, deras egentliga värme, 87

Gaser, deras molekular-beskaffen-het, 36

— , — sammandragning vid

förening, 87

— , — spektra, 260

— , — utvidgning genom

värme, 40

— , — värme-absorption, 189

— , korta ethervågors verkan

derpå, 282

— , permanenta, 40 Gastillståndet, det ideala, 41 Gay-Lussac, försök ang. gasers

utvidgning, 45 Geysern på Island, 75 Glaisher, den nattliga utstrålningen, 258 — , snökristaller, 110 Glastårar, 53 Gletscher, 112

Gmelin, definition på värme, 16 Golfströmmen, 108 Göre, rullande kulor, 62 Gravitationsvärme, 271 Helmholtz, orsaken till solens värme, 272

— , värmebelopp utveck-

ladt genom jordens sammanstötning med solen, 29 Herschel, J., solens verkningar på jorden, 274

— , solstrålningens vär-

melopp, 265 Herschel, W., ultra-röda solstrålar, 234

Himlaljusets betydelse för jordens organiska lif, 301

— polarisation, 292 Himlens färg, 291

Hirn, försök aug. ångmaskinen, 74 Hopkins, smältpunktens ändring

genom tryck, 64 Huygliens, åsigt om ljuset, 145 Ideala gastillståndet, 41 Ingenhouss, försök ang. värmeledningen, 121 Is, dess byggnad, 66 —, — regelation, 114 —, — smältpunkt sänkes genom

tryck, 64 —, formad genom tryck, 114 —, smält genom friktion, 18 Isblommor, 67 Istiden, 118305

Istillverkning i Bengalen, 257 Jodlösning, använd som såll, 239 Jordrullningens inflytande på vind-

rigtningen, 103 Joule, gasers utvidgning, 45

— , värmets mekaniska eqviva-

lent, 26, 44

— , värme-utveckling genom

en elektrisk ledares rotation mellan en magnets poler, 25

— , väte-atoinernas hastighet,

38

— , åsigt om aëroliter, 8 lialkljus, 246

Kautschuk sammandrages vid uppvärmning, 54 ' Kirchhoft, absorptionssatsen, 262

— , solteori, 264 Knoblauch, om värme-absorption, 232

Kohesion hindrar kokning, 71 Kohesionskraften, 36 Kokning, hinder deremot, 71 Kolsvafla, diaterman vätska, 165,

220, 239 Kolsyresnö, 94 Kompensationskub, 180 Konsonans, 223

Kopp, uppgift på utvidgnings-ko-

ëfncienter, 57 Kraftens bevarande, lagen om, 82 Kryophor, 93 Ijatent värme, 89 Laug, 80

Ledning, värmets, 120 Ledningsförmåga för värme och

elektricitet, 122 Lefvande kraft, 81 Leidenfrost, sferoldala tillståndet, 98 Leslie, æthrioskopet, 214 Leslies kub,

161 Ljudets fortplantning, 142

— forfplantningshastighet, 150 Ljudvibrationerna äro longitudi-

nela, 160 Ljuset, dess fortplantningshastighet, 150

— , — mekaniska eqviva-

lent, 251

— , — polarisation, 292

— , — prismatiska sönder-

delning, 147, 260

— , — reflexion, 152

Ljuset, dess styrka aftager vid ökadt afstånd, 158

— , — sållning, 165

— , — verkan på en gas-

blandning, 156

— , — verkan på ångor,

286

— , — våglängder, 150

— , frambragdt genom frik-

tion, 7

— , hypoteser om dess vä-

sende, 145

— , lågors, 31 Ljusvibrationerna äro transver-

sela, 160 Locatellis lampa, 166 Locke, åsigt om värmet, 17 Luft, afkyld vid utvidgning, 11, 20

— , dess diatermansi, 181

— , — utvidgning genom vär-

me, 39

— , fuktig absorberar värme,

208

— , uppvärmd genom samman-

tryckning, 11, 19

— , varm uppstiger, 39, 102 Luftperspektiv, 300

Magnus, vätgasens ledningsförmåga, 136

— förnekar vattenångans absorptionsförmåga, 214

Malus upptäcker ljusets polarisation, 293 Materialistiska värmeteorien, 16 Materiens olika tillstånd, 36 Mayer, celesta dynamiken, 44, 270

— , meteorteori för solvär-

met, 29, 270

— , organisk rörelse och nu-

trition, 44

— . värmebelopp, utveckladt

genom jordens sammanstötning med solen, 29

— , värmets mekaniska eqvi-

valent 26, 44 Mekaniska, se eqvivalent

— värmeteorien, 17 Melloni använder termo-elektri-ska stapeln, 13

— , jordens nattliga utstrål-

ning, 258

— , kroppars diatermansi,

166

— , månens värme-utstrål-

ning, 259

Tyndall, Värmet.

20306

Menniskokroppens värmegrad, 126 Metaller, deras spektra, 261

— , goda värmeledare, 120

— i solen, 265

— utstråla och absorbera föga, 161

Meteorteorien för solvärmet, 29, 270

Miller, osynliga perioders förvandling till synliga, 232 Moln, deras byggnad, 109 Montgolfier, samband mellan värme och mekaniskt arbete, 25

Moräner, 118

Moseley, exempel på utvidgning

genom värme, 53 Müller, värmets fördelning i solspektrum, 235 Månblindhet, 257 Månens värme-utstrålning, 259 Mörka värmestrålar 148, 233 STewcomen, ångans användning, 73 Newton, åsigt om diamanten, 30

— , # — ljuset, 145

— , — molekulerna, 296 Nicols prisma, 293

Nobili, termo-elektriska stapeln, 13

Nodallinier, 142

Oljbildande gas' atermansi, 183 Ozon, 198 Pannsten, 133

Papin, ångans användning, 73

Passadvindar, 103

Perioders öfverensstämmelse, 222

Permanenta gaser, 40

Pietet, gasers förvandling till

vätskor, 41 Planeter, deras beboelighet, 230

— , — gravitations- och

rotations-värme, 271

— , — hastigheter, 8 Platinasvart, 241 Polarisation, ljusets, 292

— , värmets, 294 Potentiel energi, 81 Pouillet, solstrålningens värmebelopp, 265 Prevost, teori om värme-utbvtet, 151 '

Principalplan, 293 Pulshammaren, 68 Pyrheliometer, 265

Qvalitet, värmets, 170 Réaumur, termometerskala, 58 Eegelation, 114

Regnault, uppgift på kroppars egentliga värme, 85, 87 Rendu, isteori, 116 Rheostat, 140 Roches moutonnées, 117 Roscoe, himlaljusets kemiska värde, 302 Rotationshypotesen, 37 Rotationsvärme, 271 Ruhnikorffs linieformade termoelektriska stapel, 148, 231 Rumford, kroppars värmeledningsförmåga, 132

— vederlägger den materialistiska värmeteorien, 18

— , värmets fortplantning

genom tomrum, 142

— , värme-utveckling genom

friktion, 8

— , värme-utveckling vid

förbränning, 89

Sammansatta kroppars aterman-, si> 191,,

Savery, ångans användning, 73 Schwartz, iakttagelse af ett ljudfenomen, 59 Seebeck upptäcker termo-elektriciteten, 13 Séguin, samband mellan värme och

mekaniskt arbete, 25 Sénarmont, kristallers värmeledningsförmåga, 127 Sferoldalt tillstand, 96 Sjungande lågor, 144 Skålpundfot, 27

Smältpunkten ändras genomtryck, 64

Snögränsen, 110 Snökristaller, 110 Solen, dess förhållande till jordens organiska lif, 276 ^

— , — mörka värmestrålar,

234, 246

— , — värme-utstrålnings be-

lopp och orsak, 267 Spektralanalys, 262 Spektrum, det elektriska, 147

— , kontinuerligt, 260

— , linie-, 260

— , solens, 264 Stackmoln, 212307

Stapel, konstant, 123

— , termo-elektrisk, 2. 12 Stjernfall, 7

Stokes, fluorescens, 149, 242 Strokkur, 78 Stråltransmutatiou, 242 Säkerhetslampa, 135 Tangentbussol, 140 Tensionskedja, 13 Termo-elektrisk stapel, 2, 12 Termograf, 241

Termometer-konstruktiou och skalor, 58

Terniometriskt värme, 141 Thomsen, ljusets mekaniska eqvi-

valent, 251 Thomson, J., smältpunktens ändring genom tryck, 64

Thomson, W.,-----64

— , kautschuk förkortas

viduppvärmning, 54

— , meteorteori för sol-

värmet, 29, 271 Translationshypotesen, 37 Trevelyans vackla, 59 Ultra- mikroskopiska partiklars

reflexion, 292 Ultra-röda strålar, 148, 233 Ultra-violetta strålar, 149 Undulationsteorien, 145 Utvidgning genom värme, fasta kroppars, 51, 56

— — —, försök, 47

— — —, gasers, 40

— — —, vätskors, 47, 57 Utvidgnings-koefficient, 40, 56 Vatten, dess atermansi, 166, 220

— , — färg, 169

— , — förmåga att sam-

mantryckas, 82

— , — inflytelse på klima-

tet, 88

— , — latenta värme, 89

— , kokadt genom friktion, 9

— vidgas vid afkylning, 49 Vattenhammaren, 68 Vattenångans latenta värme, 89

— värme-ahsorption,

205

Vax utvidgas vid smältning, 63 Vindar, 102

Vibrationsteorien för ljuset, 145 Vismut utvidgas vid stelning, 51 Voltas båge, 262

Välluktande ämnens värme-ab-

sorption, 196 Värme, användt till två olika slags arbete, 83

— , dess fortplantning genom

ledning, 119

strålning, 141

öfverförning, 107

— , dess fördelning i det elek-

triska spektrum, 147, 236

— , — fördelning i solspek-

trum, 234

— , — mekaniska eqviva-

lent, 27

— , — polarisation, 294

— , — qvalitet, 170

— , — styrka aftager vid

ökadt afstånd, 158

— , — utstrålning och ab-

solution, 161—233

— , — verkan i ångmaski-

nen, 73

— , — väsende, 16

— , egentligt, 84

— frambringar vindar, 102

— , förbrukadt till arbete, 10

— , förvandladt till ljud, 62

— , latent, 89

— motverkar kohesionen, 36

— reflekteras likasom ljuset, 152

— , strålande, 147

— utvecklas genom elektricitet, 123

— — — friktion, tryck och slag, 3—10

— — — rotation inom magnetiskt område, 25

— — — sammantryckning af luft, 11, 19

— utvidgar kroppar 36, 39, 47, 56

— är en atomrörelse, 17 Värme-enhet, 27 Värmekapacitet, 17, 84 Värmeledning, 119—141 Värmerörelsens art, 37 Värme-utbytet, 151 Värme-ämne, 16

Vätskors utvidgning genom värme, 47, 57

20*308

Vätskors värme-absorption, 168, 216

— värmelednings-förmåga 136

Waterston, meteorteori, 29, 271 Watt, ångmaskinen, 73 Wells, teori för daggbildningen,

255

Wiedemann, kroppars värmeledningsförmåga, 122 Wollaston, kryophoren, 93

Wollaston upptäcker de Praun-hoferska linierna, 264 Ifoung bevisar undulationsteorien, 145

Kodiakal-ljuset, 29, 270 Ångmaskinen, 73 Ångors sönderdelning genom korta ethervågor, 286 — värme-absorption, 193, 220

Öfverföring, värmets, 107. KATALOG Å BÖCKER,

utgifna på J. L. Törnqvist^ förlag i Landskrona.

Samtliga här upptagna böcker finnas till salu eller kunna efter reqvisition erhållas hos alla bokhandlare i Sverige, Norge, Finland och Danmark.

Xsr Denna katalog utlemnas gratis och s!ln<ies H fven portofritt 0111 adress uppgifves.

Andersen, Improvisatören, se Valda Romaner III. Bates, Resor i Brasilien, se Familje-Bibliotek X.

BIBLIOTHEK I POPULÄR NATURKUNNIGHET:

I. JORDEN, Illustrerade Naturbilder af G. Scheutz, Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien. 3:e upplagan. Rättad och betydligt tillökt efter de nyaste upptäckter, samt försedd med register. Med 155 afbildningar, h. -4 Kronor.

Jür* Af detta intressanta arbete, med sitt mångsidiga och rikhaltiga innehåll — registret omfattar öfver 700 rubriker — anfüres: Jorden såsom del af verldsbyggnaden. — Tidtals återkommande företeelser inom solverlden. — Stjernhimmelen. — Atmosferen. — Värmets verkningar på atmosferen. — Ljusverkningar på atmosferen. — Elektricitet och Magnetism. — Elektriska företeelser i atmosferen. — Jordklotets skal. — Land och Vatten. — Luftstrecken. — Klimaternas och skogarnes vexelverkan. — Jordytans och klimatets omdaning genom menniskors verksamhet.

Uti Lefnadsteckningar öfver Kongl. Sv. Vetenskaps-Akademiens ledamöter yttrar Doktor C. F. Bergstedt: "Jorden. Illustrerade Naturbilder, är "ett verkligt mönster af reda, klarhet och innehållets rikedom, af tillförlitlighet i uppgifter och behaglig framställning."

II. GEOLOGIENS GRUNDER efter Lyells "Elements and Prin-ciples of Geology" utarbetade af G. Lindström, Professor. Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien. 2:a öfversedda och tillökta upplagan. Med 263 afbildningar, h. 4 Kr.

Sir" Efter en historisk inledning öfver Geologiens utveckling, följer i 10 kapitel öfversigt af de allmännaste grundbegreppen inom denna vetenskap, såsom om bergarter, försteningar, lagringsförhållanden och de krafter, hvilka i likhet med vattnet och koralldjuren verka omgestaltande på jordytan. Dernäst i 13 kapitel: redogörelser för de särskilda geologiska formationerna i kronologisk ordning, upplysta med talrika och väl utförda figurer af försteningar och genomskärningar af lagren med afseende på svenska förhållanden. Slutligen förklaras de vulkaniska bildningarne och andra äldre bergarter, som äfven anses hafva uppkommit genom eldens inverkan.2

III. FYSIKEN af A. H. Fock, Professor. Ledamot af Kongl Vetenskaps-Akademien, m. m. 2:a öfversedda och tillökta upplagan.

I:» afdelningen: Mekanik. — Bearbetning efter Blum "Volks-Naturlehre" m. (i.

— Med 227 afbildningar, h. 3 Kronor. II:a afdelningen: Akustik, Optik och Allmän Värmelära. Bearbetning förnämligast efter Ganot "Traité de Physique," 14:de upplagan. Med 209 afbildningar, h. 3 Kronor. III:e afdelningen: Läran om Magnetismen och Elektriciteten. Bearbetning förnämligast efter Ganot "Traité de Physique," 14:de upplagan. Med 181 afbildningar, h. 3 Kronor, utom den granskning af texten i sin helhet, som vid utarbetningen af denna nya upplaga skett, hafva ändringar och många tillägg blifvit gjorda, bland sådana af större betydenhet erinra vi om: Spektral-analysen, Foucaults mikroskop med elektrisk belysning, Grunddragen af den mekaniska värmeteorien, Carrés is-bildningsapparat, teorien för elektriciteten, uppmätning af den elektriska strömmens styrka, Holtz' elektricitets-maskin, Siemens och Halskes induktions-rullar, Wildes magneto-elektriska maskin, m. m., hvarjemte ett ej ringa antal nya figurer tillkommit. Ett fullständigt alfabetiskt register öfver hela fysiken har utarbetats och bifogats denna afdelning.

IV. ASTRONOMIENS GRUNDER af D. G. Lindhagen, Professor. Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien.

l:a afdelningen: Om de astronomiska instrumenterna; jordens figur och dagliga rörelse; himmelns dagliga rörelse; himmels- och jord-glober; geografiska- och himmels-kartor, m. m. Med 179 afbildningar, Ii. 3 Kronor.

2:a afdelningen: Om solen; jordens rörelse omkring solen; tidens uppmätning;

månen, m. m. Med 131 afbildningar, b. 3 Kronor. 3:e afdelningen: Om planeterna och kometerna; den allmänna tyngden; fix-stjernorna och nebulosorna; dubbel- och flerfaldiga stjernor; stjernfall, eldkulor, meteorstenar, m. ni. Med 87 afbildningar, h. 2 Kronor.

v. ZOOLOGIENS GRUNDER af T. Thorell. Professor. Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien.

Förra afdelningen: Anatomi och Fysiologi. Med 215 afbildningar, h. 4Kronor. Senare afdelningen: Djurrikets system I. Ryggradsdjur. Med 263 afbildningar, h. 4 Kronor.

Senare afdelningen: Djurrikets system II. Ryggradslösa djur. Med 232 afbildningar, h. 3 Kronor.

VI. BOTANIKEN. En allmänfattlig framställning af Växten och Växtriket af C. F. Nyman. Med 199 afbildningar, h. 4 Kronor.

Af detta värderika arbetes innehåll — registret omfattar öfver 1,400 rubriker — anföres: Historisk inledning. — Växtens inre byggnad. — Växtens organer. — Växtens lif. — Växtsystemet. — Växternas utbredning. — Växternas användning. — Växtverldens historia. - Växtverldens estetik.

SS* Den historiska Inledningen tecknar i raska drag hela Botanikens, den systematiskas såväl som den anatomiskt-fysiologiskas uppkomst och utveckling,3

omtalande äldre och nyare forskare på detta fält samt resande, hvilka å jordens olika trakter samlat materialierna för den vetenskapliga byggnaden Man finner här åtskilliga landsmän och främst bland dem flera af Linnes lärjungar, hvilka under forskningsresor uppoffrade sig för vetenskapen. — Första stycket låter oss blicka in i växtens inre och visar, med mikroskopets bistånd, i talrika afdelningar, de underbara och för obeväpnadt öga dolda verkstäder, der lifskraften arbetar och en utveckling fortgår, som har till resultat de såsom ved, stam, blad o. s. v. bekanta och utbildade delar, hvilka alla betraktas i det andra stycket, då idet tredje visas, huru desamma verka, somliga till växtens näring och underhåll, andra till dess fortplantning. I det fjerde stycket redogöres för växternas systematiska indelning, betraktas växtriket i dess helhet och afbildas växter, som representera märkligare bildningstyper, hvarvid egenskaper och användning också omtalas. Femte stycket, egnadt växtgeografien eller läran om växternas utbredning, talar om växtligheten i jordens olika zoner, framställer vegetations-bilder och omtalar särskildt kultur-växterna. I sjette stycket betraktas de ämnen, som växterna innehålla i sina celler och växternas på de samma beroende olika användning, och omtalas olika träslag, bast eller tågor m. m. Det sjunde stycket talar om växtligheten under jordklotets olika åldrar eller berättar oss om växtverldens historia, sådan den finnes upptecknad i de växtlemningar, hvilka sedan urtiden återstå i berg- och stenkolslager, härvid visande huru vegetationen på vår jord småningom utvecklats från enklare till mera utbildade former och antydande åtskilligt rörande arternas uppkomst och skapelsen i allmänhet. Slutstycket eller "växtverldens estetik" målar — varmt och poetiskt — naturens olika utseende, betingadt genom de olika växt-formationerna, de intryck de samma göra på betraktaren i olika zoner, den tropiska såväl som den kalla : omfattar i allmänna drag det skönas uppenbarelse i växternas verld.

VII. KEMIEN af C. j. Keyser, Fil. Doktor. Lektor i Kemi

och kemisk Teknologi.

I:a afdelningen: Metalloider och Syror. Med_132 afbildningar, h. 3 Kronor.

Sådana ämnen som t. ex. vatten, luft, kol och lysgas, salpetersyra, svafvelsyra, kolsyra, kolsvafla, saltsyra m. m,, äro fullständigt beskrifna. II:a afdelningen: Metaller och deras föreningar.

l:a hälften: Lätta Metaller. Med 128 afbildn. och 1 spektraltafla, h. 4 Kr. 50 ore.

Så fullständigt beskrifna äro t. ex. pottaska, salpeter, krut, soda, koksalt, glas, kalk, lera, alun och porslin, m. m,, att någon särskild lärobok i kemiska teknologien, torde rörande nämnda ämnen kunna undvaras. 2:a hälften: Tunga Metaller. Med 67 afbildningar, h. 4 Kronor 50 öre.

De tunga metallerna, af mera allmänt intresse, äro behandlade i metallurgiskt, tekniskt-kemiskt och analytiskt

hänseende. — Samma plan, som i de förut utkomna delar af arbetet, har äfven i denna afdelning blifvit följd, så att författaren sökt göra boken användbar så väl såsom lärobok vid praktiska läroverk, som äfven såsom handbok, hvaruti bildade läsare i allmänhet kunna erhålla insigt uti och förklaring öfver i praktiska yrken förefallande processer och företeelser; hvadan således betydligt mera ur den kemiska teknologien förekommer upptaget i detta arbete, än i vanliga kemiska läroböcker af samma omfång.

III:e afdelningen: Organisk Kemi. Med 43 afbildningar, h. 6 Kronor.

Omfattar dels i naturen förekommande växt- och djur-ämnen, dels af dessa framstälda konstprodukter. Dessutom har i denna, liksom i föregående afdelningar af före varande kemi, fästats behörigt afseende vid sådana ämnen,4

som i allmänhet hafva någon praktisk användning i en eller annau riktning. Så har med en i öfverensstämmelse med arbetets plan vidtagen omständlighet behandlats åtskilliga industrigrenar, såsom tillverkning af papper, stärkelse, socker, öl, vin, bränvin, ättika, bröd, ljus, såpa, tvål samt teorien fur färgning och tryckning af tyger o. s. v. — Och har derjemte en speciel uppmärksamhet blifvit egnad åt allt sådant, som länder till förklaring af hvarjehanda i allmänna lifvet uppträdande företeelser. — Ett fullständigt alfabetiskt register öfver hela Kemien har utarbetats och bifogats denna afdelning; hvarmed Bibliothek i populär Naturkunnighet komplett utkommit. jfcST* Komplett uti 7 cykler, 5,118 sidor, med 2 stjernkartor, 1 månkarta, 1 spektraltafla och 2,712 afbildningar, 58 Kronor.

Kulwer, Pompeji sista dagar, se Valda Romaner II.

BÖCKER FÖR FOLKET (hvarje arbete säljes äfven särskildt):

I. Resa i Sibirien af Chr. Hansteen. Med 4 afbildningar, 1 Kr.

Itäf Författaren yttrar i inledningen: "Det faller icke på hvars och ens "lott att resa till Sibirien, och de, som lotten träffar, företaga sällan frivilligt denna resa." — Författaren, som naturligtvis utan tvång, utan kosackbevakning företog den äfventyrliga färden, beskrifver sina öden och äfventyr, naturen och de olika folkklasserna, deras seder och hemlif; han upprullar tafla efter tafla från dessa egendomliga och för oss okända landamären. Afbild-ningarne föreställa: "Christian Hansteens porträtt." — "Lamaiska skyddsgudar." — "En burätisk taisha och hans hustru." — "Barken: Det goda Foretaget på floden Angara."

II. Jagtnöjen i Sverige och Norge af L. Lloyd. Med 3

planscher, 1 Krona.

Den gamle hos oss naturaliserade jägaren Lloyd beskrifver sina äfventyr, hvartill en mängd anekdoter ansluta sig: han har gjort högst värdefulla iakttagelser såväl om björnen, hvars förföljande utgjorde hans favoritsysselsättning, som om vargen, elgen, haren, tjädern, hjerpen, morkullan, orren och gräfsvinet, äfvensom om fisket; allt lika intressant och genomflätadt med berättelser om landets utseende, odling, allmogens lefnadssätt och pläg-seder, städerna och sällskapslifvet m. m. — Planscherna föreställa: "Jan Finne räddar författaren." — "Skallet vid Wansjön." — "Malungsbjörnen och hunden Jäger."

III. Journal af Petrus Lästadius för första året af hans tjenstgöring såsom missionär i Lappmarken. Med 1 plansch. 1 Krona 50 öre.

ÄST I förordet till första upplagan (hvars pris var 2 Rdr 32 sk. bko), yttras: "Få böcker så som denna förena det nya, förut okända, upplysande, "sakrika, och öfver de flesta ämnen fullständiga med det öfverraskande, ropande och fängslande. — De många resorna och vandringarné, de äfventyr "och faror, som derunder möta författaren, de många personer man får göra ^bekantskap med, allt ifrån aktningsvärda pastorer till de råaste fjällappar; "detta allt i förening med många lokal-beskrifningar, med för statsmannen "högst upplysande anmärkningar om missbruk i allmän förvaltning, brister i "kyrko- och skolordning, med de ljusaste förslag till förbättringar, med skild-o

"l-ingar af Lappmarkens hela lif och lefverne året om, ifrån det brokiga mark-"nadslifvet til] skogslapparnes

trefliga sysselsättningar vid deras sjöar, —

"allt detta i en gedigen, fullständig, objektiv framställning, förflyttar läsa-"ren till en ny verld, som han kallar Sveriges terra incognita, men som "dock eger långt mera intresse, lif, omvexling och betydelse för fäderneslandet, än mången hittills förmodat." — Sådant är det antydda innehållet af Lästadii Journal.

IV. Christopher Columbus, hans Lefnad och Resor, af Washington Irving. Med 3 afbildningar, 1 Krona 50 ore.

it-IT" Den ädle författaren yttrar i inledningen: "Det är detta arbetes före-"mål att anföra den sjöfarandes bedrifter och den, som först bland alla egde "nog omdöme att utgissa och nog oförskräckthet att trotsa de farliga hemligheterna af Atlantiska oceanens djup; och som, genom sitt kraftiga snille, "sin oböjliga ståndaktighet och sitt hjeltelika mod, bragte jordens ändpunkter i samband med hvarandra. Berättelsen om hans stormiga lif är den "länk, som sammanbinder den gamla verldens historia med den nyas." — Ämnen för af bildningarne äro: "Cogoleto, Columbi födelseort." — "Columbi flottilj." — "Det hus i Sevilla, hvari Columbus dog."

V. Herremannen Brahe och Bönderna i Örby eller Pestalozzis Lienhardt och Gertrud, öfversatt af Professor R. Nye-rup, 75 öre.

En recensent yttrar om detta arbete: "Man finner här i denna folkbok det ofta behandlade ämnet af förtryckta underhafvande, en illasinnad "inspektor eller ladufogde samt en ädel och tänkande godsherre. Författaren "visar huru som det icke är genom blotta penningeförsträckningar, hvilka oftare stjelpa än hjelpa arbetaren, då man ej ser efter ordning och redlighet i "hans handlingssätt, utan genom ett hans sjelfverksamhet utbildande genomfördt system, som en upplyst och välsinnad husbonde slutligen kan lyckas "lösa det stora, här upr gifna problemet, att efter 25 års förlopp förvandla "sina underhafvande till sjelfegande."

VI. Korsfararne och Korstågen, Historiska skildringar från kampen för det Heliga landet af Michaud. Med 1 plansch, 1 Krona 25 öre.

JC-jST" Med Peter Eremiten i spetsen, "den lille mannen i ullkappan," började genom korstågen en rad af företag, som liknade en motsatt folkvandring, d. v. s. från vester till öster, och under 200 år förde till Asien och Falestina omkring 7 millioner menniskor, af hvilka knappt en tiondedel efter oerhörda faror återsåg sin hembygd. Detta var första gången som de europeiska folken förenade sig till en enda stor plan. Ny, men tidsenlig uppstod idéen; och huru furstar och bönder, riddare och köpmän, fromma och syndare med en och samma hänförelse under korsbaneret deltogo i de blodiga striderna för den heliga grafvens besittning, skildras i denna bok, bearbetad efter den berömde Michaud, hvilken vid sina historiska skildringar om "Korsfararne och Korstågen" var den förste som anlitade arabiska källor.

VII. Det Trettioåriga Krigets Historia af F. Schiller,

1 Krona 50 öre.

iJlfgr" "Trettioåriga krigets historia," som så mycket ingår i vårt eget lands häfder, emottogs redan vid dess första utgifvande med allmän hänförelse. —6

Med en ren, en för frihet, rätt och sanning lefvande känsla tecknar den store-skalden denna storartade epoks krigare och hjeltar, en Tilly, Wallenstein, Turenne, Condé, en Gustaf II Adolf och våra andre fältherrar, såsom Horn, Banér, Torstenson, Wrangel, Königsmark och Bernhard af Weimar, m. fl.:

hvarvid icke uraktlåtas att gripande skildra grymheterna under detta krig, som för en så lång tid ödelade Tyskland, hotande att störta allt i en allmän förvirring och genom hvilket landet förlorade nära 10 millioner menniskor samt rysligt förhärjades af eld och pest.

VIII. Sjöfröken, Romantiskt skaldestycke af "Walter Scott.

Öfversatt af Lars Arnell. Ny upplaga, 1 Krona.

I den store författarens lefnadsbeskrifning yttras: "Sjöfröken är ett "skaldestycke, lika rikt på sköna ställen och beundransvärda skildringar som "originella karakterer. — Den oöfverträffliga och trogna skildringen af de

"skottska högländarnes seder och bruk samt den lifliga målningen af detta "märkvärdiga folks kostym, har beredt detta arbete ett stormande bifall." Öfversättningen erkännes allmänt vara en af Lars Arnells yppersta.

IX. Resor till Lands och Vatten af T. F. M. Richter, öfversättning från 5:e af Fredrik Gerstäcker öfversedda och bearbetade upplagan.

l:a afdelningen: Sjöresa från Emden till Arkangel samt derifrån till Hamburg.

Med 1 träsnitt: "Lappar från trakten af Nordkap," 50 öre. 2:a afdelningen: Förolyckad resa från Hamburg till S:t Thomas samt återfärd öfver New-York och Köpenhamn, Med 1 träsnitt: '"En gata (Wàll-street) i New-York," 50 öre. 3:e afdelningen: Resa från Hamburg till Bordeaux samt öfver S:t Louis till Isle de France. Med 1 träsnitt: "En trarsas-maur med sin hustru," 50 öre. 4:e afdelningen: Resa från Nantes till Antillerna samt till Skottland, England

och ön Walcheren. Med 1 träsnitt: "Ett linjeskepp," 50 öre. 5:e afdelningen: Eesa från London till Kina samt återfärd till England. Med

1 träsnitt: "Mandarin biläggande'en tvist," 50 öre. 6:e afdelningen: Vistande i England samt resa till Sicilien. Med 1 träsnitt: "London," 75 öre.

7:e afdelningen: Eesa från Messina till Egypten samt återfärd till förenämnda

stad. Med 1 träsnitt: "En nunne-invigning," 50 öre. 8:e afdelningen: Resa från Messina till Alicante, Iviza, Bona, Tarragona, Malta och Odessa samt åter till Sicilien. Med 1 träsnitt: "Konstantinopel," 50 öre.

9:de (sista) afdelningen: Resa från Messina till Livorno, Genua, Savona, Catania, Neapel, Palermo och Joniska öarne samt öfver Malta och Triest till Sachsen. Med 1 träsnitt: "Domkyrko-torget i Catania," 50 öre.

Komplett uti 9 afdelningar, 835 sidor, med 9 träsnitt, 4 Kronor 75 öre. Ä^ET" Dagens Nyheter yttrar: "Denna boksamling intager ett framstående "rum; den utmärker sig för ett med stor omsorg och urskiljning valdt innehåll; och det är oss ett nöje att rekommendera denna samling verkligt goda "böcker. Den typografiska utstyrseln är i allo förträfflig." J£5r" Sv. Handels- och Industri-tidning af Hugo Nisbeth yttrar: "Det enkla, "osökta språket samt det intressanta innehållet göra dessa resor till en välkommen lektyr."BÖCKER I LANDTHUSHÅLLNING:

i. Jordbrukskemiens hufvudgrunder jemte om Peruviansk guano, dess beskaffenhet och egenskaper, af J. C. Nesbit. Öfversatt från 3:e original-upplagan. 1 Krona 25 öre.

II. Handledning i täckdikning, af L. Vincent. Med 27 afbildningar, 1 Krona 50 öre.

S5T Dessa begge arbeten, af Nesbit och Vincent, gifva på ett enkelt och lättfattligt sätt en klar och redig föreställning om huru och på hvad sätt ett gödningsmedel verkar, äfvensom hvilka gödningsmedel, som äro passande för de olika kulturväxterna, samt när täckdikning är nödvändig och huru den ändamålsenligast och billigast bör kunna verkställas.

III. Praktisk Gödsellära med särskilt afseende på jordens behof af köp-gödningsämnen samt deras rätta användning, af D:r Hermann Franz. Öfversättning från 3:e originalupplagan, 60 öre.

25-2ËT* Detta arbete, som utan alla lärda anspråk, på ett enkelt och lättfattligt sätt redogör för resultaten af vår tids framsteg på landtbruks-kemiens område, torde vara en välkommen vägledning för hvarje jordbrukare, hvars tid icke tillåter honom att studera vidlyftigare kemiska arbeten, men som likväl har tillräcklig insigt att förstå, att det endast är genom en riktig användning af passande gödningsämnen, som det kan blifva honom möjligt att hålla jemna steg med sin tids framsteg i landtbruksväg.

CAMPE, J. H., Robinson den Yngre. Läsebok för Barn. Med 20 planscher och 27 träsnitt. I clothband, 4 Kronor 50 öre; kartoneradt omslag, 3 Kronor 50 öre.

JSäf* Aftonbladet yttrar om detta arbete: "Bland mängden af skrifter för "Barn och Ungdom intages

otvifvelaktigt det främsta rummet af Robinson "den Yngre, Läsebok för Barn af Joachim Heinrich Campe, hvaraf en ny, "prydligt utstyrd upplaga utkommit. Det länder till föga heder för den litterära företagsamheten i Sverige, att detta lärorika arbete, som ännu företer "och säkert i långliga tider skall förete samma fängslande intresse för ungdomen, under en följd af år icke funnits hos oss att tillgå. Det är oss ett "nöje att nämna, att det nu erbjudes den Svenska ungdomen i en upplaga, "som hedrar den Svenska bokpressen. Tryck och papper äro utmärkta, boken "är bunden i cloth äfvensom i kartoneradt omslag och illustrerad med 20 väl "utförda planscher samt ett större antal i texten intryckta träsnitt."

CAMPE, J. H., Robinson den Yngre. Läsebok för Barn.

Ny upplaga. Illustrerad med 27 väl utförda afbildningar. Bunden i kartoneradt omslag, 1 Krona.

JS^gT Denna i mångfaldiga upplagor på alla Europeiska språk utkomna och årligen ånyo utkommande barnbok torde genom sitt lättfattliga och på sann religiös grund byggda innehåll, som på samma gång är lärorikt och af fängslande intresse för ungdomen, särdeles lämpa sig för barn af alla åldrar.8

CAMPE, J. H., Amerikas upptäckande. En lärorik och underhållande läsning för barn och ungdom. Öfversättning från 19:de original-upplagan. Med 2 kartor och 4 illustrationer. Bunden i kartoneradt omslag, 2 Kronor 50 öre.

JfST* Detta arbete utmärker sig lika mycket för sitt lärorika som sedliga och roande innehåll.

CEDERBORGH, FR., Valda Skrifter, Innehållande:

Uno von Trasenberg, Ottar Tialling, Kiddare-Kandida-ten, Grefve Jacques Pancrace. Pris för alla i ett band, 3 Kronor.

-, Uno von Trasenberg. Berättelse af Friherre Dolk. Ny upplaga, 75 öre.

-, Ottar Trallings Lelnads-målning. Ur Enke-Prostinnan Skarps

gömmor benäget meddelad. Ny upplaga, 1 Krona.

JtST* Sv. Litteratur-Föreningens Tidning yttrar: '"Hvem är, som ej läst "Cederborghs valda skrifter eller hans Uno.von Trasenberg och Ottar Tralling? "Hvem som ej skrattat åt de tokroliga äfventyren, de glada infallen eller intagits af den täcka och lefvande idyllmålningen. — Det torde finnas få skrifter, som så lefva i allas minne, och så framställa ett galleri af bilder, färdiga att inställa sig på första vink af den, som en gång skådat dem. — ".Jemte förmågan att både upptäcka och i bild träffa det komiska, hade Cederborgh äfven öga för det goda och hjerta för naturens skönhet."

CERVANTES-SAAVÉDRA, Miguel de. Don Quixote af La

Mancha. Öfversättning från Spanska originalet. Med 8

fina illustrationer. Clotliband med guldornamenter, 7 Kr.

IS-ST" Om "Don Quixote, kronan af Cervantes snilleverk," yttrar B. E. Malmström i Tidskrift för Litteratur: "Ingen af våra läsare har ej hört omtalas, "de fleste af dem torde mera än till blotta ryktet känna det odödliga jette-"verk af menskligt snille, som heter Don Quixote. — 1 sanning, om Don "Quixote är den mest komiska bild, som den poetiska fantasien frammanat, "så är han derjemte den mest tragiska. Så nära ligga hvarandra båda: och "det är just genom det tragiska i sin komik, som Don Quixote blifvit så "oöfverträffligt så oefterhärmligt komisk, blifvit ott mästerstycke, som står "ensamt i sitt slag."

DüRWIN, CHARLES, Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien. En naturforskares resa omkring1 jorden. Med

författarens tillåtelse öfversatt från 10 original-upplagan, af G. Lindström, Professor. Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien. Med illustrationer, 5 Kronor.

Stockholms Dagblad yttrar: "På La-Plata-Staternas och Patagoniens "vidsträckta slätter, på Falklandsöarnes och Eldslandets ogästvänliga kuster, "öfver Cordillerernas bergskedjor, på Stilla hafvets ögrupper, på Nya Zeeland

"och Nya Holland (Australien) öfver allt följer man med nöje Darwins vid-9

"sträckta, stundom med faror förbundna, men alltid behagligt omvexlande, "lärorika och underhållande utflygter. Också är denna resebeskrifning den "populäraste af alla Darwins skrifter. Denna bok rekommenderas — som ej "heller någon vän af dylik litteratur bör försumma att tillegna sig — såsom '"en af de bästa på vårt språk utgifna resebeskrifningar."

E(NEROTH), 0., Kort handledning vid anläggningen och skötseln af Sötvattens-Aqvarier. Efter egen

och andras erfarenhet utarbetad. Med 31 väl utförda afbildningar, 75 öre.

ifäf* I förordet yttrar författaren (0. Eneroth): "Bland nyare bidrag till "väckande af sinne för naturhistoriska föremål intaga Aqvarierna ett utmärkt "rum. Kortast sagdt, är ett aqvarium en glaskupa eller glaslåda med vatten "och med deruti inneslutna vattendjur och vattenväxter. Det tjenar till att "göra oss förtroliga med en afdelning af den lefvande naturen, om hvilken "flertalet menniskor hittills i allmänhet varit mer eller mindre okunniga. "Hvad har man nämligen i allmänhet förr känt om ödlornas, fiskarnes, musslornas, snäckornas, vatteninsekternas och en del vattenväxters lif? Genom "aqvarierna kunna vi emellertid nu flytta in i våra rum en liten verld med "dylika varelser och sålunda genom dagliga iakttagelser erhålla en lefvande "åskådning af lifvets äfven i dess aflägsnaste vrår underbara verkstad och "oändliga rikedom. Vi tro derföre, att, så vaket som sinnet för naturen och "dess millioner lifeformer på senare tider allt mera blifvit, det icke skall "dröja länge, innan man i de flesta familjer skall finna dylika små glasverl-"dar till såväl de äldres som de yngres nöje och undervisning."

Boken redogör för formen och inredningen af ett aqvarium, dess underhåll och skötsel, de välter och djur, som bäst passa för detsamma, m. m., det hela — i förening med många illustrationer — belyst genom en framställning af växt- och djurlifvets beroende af hvarandra såsom allmänna grunder för ett aqvariums sjelfbestånd.

FAMILJE-BIBLIOTEK:

i. Resa i Mongoliet och Tibet. Af M. Huc, 3 Kronor 50 ore.

Om detta arbete yttras i Svensk Litteratur-Tidskrift, utgifven af Prof. C. R. Nyblom:

"Den kunskap vi ega om mellersta och östra Asiens länder är i allmänhet mycket inskränkt och bristfällig, och hvad vi tro oss veta om folken "och lifvet i dessa aflägsna verldstrakter, är mycket oklart och ensidigt. — "Efter en historik öfver de mongoliska stammarne, beskrifver författaren lan-"dets naturförhållanden och lemnar oss vigtiga upplysningar om folkens hem-"lif och seder, deras hjordar och tält, deras jagt och handel, deras religiösa "föreställningar, deras tempel, kloster och samhällsförfattning. Vi för vår "del hafva icke förut om detta land och folk läst något med dessa skildringar jemförligt."

"Detsamma gäller om Tibet. — Utmärkta skildringar lemnas om den "verldslige regenten Tale-Lama, de otaliga presterna (Lamas), klostren, som "öfverallt med sina hvita byggnader betäcka höjder, dalar och bergsluttningar.

"Vid sidan häraf inflätas beskrifningar öfver detta höglands egendomliga na-10

"tur, dess växt- och djurverld, grönskan i dalarnes djup och gletscherna på ralpspetsarne, folkets karakter och lefnadssätt. — Beskrifningen öfver hufvudstaden Lhassa, dess läge, byggnadssätt, rörelse och omgifningar är isynnerhet framstående, och det är med förvåning man genomläser dessa noggranna "och omfattande skildringar!"

ii. Franska Revolutionens Historia från år 1789 till år 1814

af F. A. Mignet. Ledamot af Franska Akademien. Öfversatt från 8:e original-upplagan, 3 Kronor 50 öre.

Svensk Litteratur-Tidskrift, utgifven af Prof. C. R. Nyblom, yttrar om detta arbete:

"De många original-upplagor, som detta arbete upplefvat måste ingifva "en fördelaktig tanke om dess värde; och detta omdöme vinner en fullständig "bekräftelse vid genomläsningen och granskningen af det mäktiga, med stor

"genialitet framstälda innehållet. — Detta grupperar sig i följande afdelningar: Orsakerna till revolutionen, Riksdagens sammankallande och öppnande "1789, Nationalförsamlingen från 1789 till 1791, Lagstiftande Nationalförsam-"lingen 1792, Nationalkonventet 1794, Det verkställande Direktorium 1799, "Konsulatet 1804 och Kejsardömet till 1814."

"Mästare i den historiska konsten och fullt hemmastadd med sitt rika "ämne i alla dess detaljer, har författaren åt detta gifvit en framställning, "på samma gång värdig, kort och lättfattlig. Han vet att han här skildrar "ett stort folks mödosamma arbete för att skapa ett nytt lyckligt tidehvarf; "han glömmer ej att detta arbete, ofta börjadt utan fullt medvetande af sitt "mål, mången gång hann fram till detta genom skräck och blod; han döljer "ej agget och afundsjukan, fanatismen och hämnden, som mer än en gång "följde de segrande idéernas triumfvagn i spåren. Hans karakteristik af händelserna och de stora personligheter, som ledde dessa, är kort men träffande; "hans språk är raskt, koncist, lifligt och tilldragande, så att man lika mycket "måste beundra tänkaren med den klara blicken och den rediga uppfattningen "som den fulländade stilisten."

"Mignet gifver en lefvande och åskådlig bild af den tid han åsyftar, "tillfredsställer på samma gång vetenskapsmannen och dilettanter och är an-"genäm både för älskaren af historien och för den, som blott på lediga stunder söker en underhållande och lifvande lektyr. Säkerligen skall ban derför "också i hvarje familjkrets, dit han finner väg, bereda mycken glädje och "en njutning, som icke bortdunstar med ögonblicket."

"Med rätta förtjenar derför denna utmärkta bok en stor spridning."

III. Mexikos Eröfring. Historisk Skildring. Af W. H. Pre-

SCOtt, 3 Kronor 50 öre.

Jfif Det torde tillåtas oss anföra följande yttrande, om ofvanstående arbete, uti Svensk Litteratur-Tidskrift, utgifven af Professor C. R. Nyblom:

"Mexiko, detta sköna land på andra sidan Atlanten, har i våra dagar ined rätta ådragit sig en synnerlig uppmärksamhet. Sönderslitet sedan lång "tid tillbaka af anarki, splittradt af inre oroligheter, är detta land en tummelplats för ändlösa fejder, ett rof för alla de oredor och fasor, som upprepade partistridigheter alltid medföra. — Efter en sakrik inledning om Aztekerna, deras invandring norrifrån, deras förhållande till]andets förut varande "befolkning, deras väl ordnade samhällsskick, deras civilisation, deras blodiga "menniskooffer och religiösa föreställningar, uppdelar och genomgår författaren sitt ämne i fem afdelningar: Mexikos upptäckt af Spaniorerna, Deras "första tåg till hufvudstaden, Vistandet derstädes, Eördrifningen derifrån samt11

"Stadens belägring och fall. — Sitt ämne behandlar han med en utförlighet, "som vittnar om ett vidsträckt och grundligt källstudium, med en smak, som "öfverallt röjer den öfvade handen. Den hjerta motsatsen mellan Europas "spaniorer och Mexikos indianer vid detta deras första sammanträffande har "han vetat att genom intressanta skildringar framhålla, och den romantik, "som utbreder sitt skimmer öfver hela denna historiska tilldragelse, ger åt "sjelfva berättelsen ett särdeles lockande behag. Språket är vackert och angenämt, och de karaktärsteckningar han lemnar öfver de mest framstående "personerna, Ferdinand Cortez, Montezuma II och Guatemozin äro mästerligt "hållna."'

"Det är till följd häraf vi med glädje helsa detta arbete välkommet inom "vår litteratur och anbefalla det åt en talrik publik, åt hvilken, derom äro "vi förvissade, dess läsning skall komma att skänka mången stund af den "angenämaste trefnad!"

IV. Resa i Kina. Af M. HUC, 3 Kronor 50 öre.

jSSf Om detta arbete yttras uti Svensk Litteratur-Tidskrift, utgifven af Professor C. R. Nyblom:

"En och annan vigtig handelsvara som från "Det himmelska riket" föres "på den stora verldsmarknaden är oss visserligen bekant, men mycket är det "icke vi känna om detta märkvärdiga lands naturliga beskaffenhet, dess poetiska, sociala och religiösa förhållanden. — Författaren genomvandrar under "de mest brydsamma förhållanden det egentliga Kina och anländer slutligen "till dess hufvudstad Peking. Många voro de faror han

genomgick under "denna vådliga färd midt ibland ett misstänksamt folk, många och svåra de "missöden han hade att uthärda i ett land, hvars inbyggare, fångna i tusenåriga fördomar och slafvar af sekelgamla vanor, anse sig sjelfva för mer än "andra folk på jorden. — Författaren framställer i raska och lifliga drag konturerna af de landskap han genomvandrar, de floder han passerar, de berg "han öfverstiger, och med deltagande följer man honom genom Kinas leende "dalar; — men det är dock folken, på hvilka hans uppmärksamhet företrädeswis är fästad. — Så undervisar han oss 0111 Kinas politiska lif och inrättningar, om kejsaren och hans embetsmän, om krigsväsendet och kommunalin-"rättningen, om religionens och vetenskapernas tillstånd, om läroanstalterna, "språket och litteraturen, om de sköna konsternas ställning, om handeln, industrien och dess tallösa alster, om rättsväsendet, om qvinnans samhällsställning, om familjelifvet och sederna. Huru olika är icke allt här mot hos "oss i Europa, hvilka skarpa motsatser mellan de östligaste och vestligaste "nationerna i gamla verldens stora kontinent! Med skarp blick har författaren uppfattat dessa egendomligheter och framställt dem i ett vackert och "lättfattligt språk på ett sätt, som öfvertygar läsaren, att denna framställning måste vara frukten af en lång erfarenhet och en säker kännedom om detta "underbara land."

"Sådant är hufvudinnehållet af detta arbete, hvilket knappast utkommit "i Frankrike, förr än det genast öfversattes på flera europeiska språk, och vi "böra vara tacksamma mot den svenske öfversättaren, som infört det äfven i "vår litteratur, der det intager en hedrande plats!"

v. Resa i Colombia. Af Carl Aug-ust Gosselman. Ny

upplaga. Med 2 planscher och 1 karta, 3 Kronor 50 öre

Svensk Litteratur-Tidskrift, utgifven af Professor C. R. Nyblom, yttrar om detta arbete:

r "Gosselman (Kapten-Löjtnant i Svenska flottan) intager såsom resebeskrif-' vare ett utmärkt rum i vår litteratur. — Han var en djupt poetisk natur,12

"glad och liflig, med en klar blick, fin urskiljning och en sällspord förmåga att "i ett vackert, intagande språk skildra de mötande företeelserna, och få ha i talang kunnat mäta sig med honom. — Hans resa har derför tillvunnit sin

'"författare hela det låsande Sveriges uppmärksamhet; och öfverallt i de bildades kretsar har samtalats oin den boken, som läses med stort intresse. — "Ty hur väl skildrar han icke här det egendomliga sceneriet på den tropiska "oceanen, hur täckt och ledigt beskrifver han icke folkens seder, lif och inrättningar, hur högtidligt målar han icke naturens storartade företeelser, hur "lifligt tecknar han icke Peonernas mödosamma bergvandringar, hur åskådligt "genomgår han icke i korta drag historien om Colombia före, under och efter "dess hårda frihetskamp, och hur träffande framställer han icke bilden af "segraren och patrioten, den ädle Simon Bolivar. Öfverallt drager han så-"lunda den lifvade och tacksamme läsaren med sig. Många poetiskt sköna "beskrifningar ligga som gyllene trådar inväfda i den vackra duk, på hvilken "han återgifvit de vexlande intryck, han under denna resa erfarit. — Sannerligen, den som skrifver så, förtjenar många och välvilliga läsare."

vi. Bracebridge Hall, eller Minnen och intryck från en vår på landet i England. Af "Washington Irving-, 2 Kr. 50 ore.

Det torde tillåtas oss anföra följande yttrande, 0111 ofvanstående arbete, uti Svensk Litteratur-Tidskrift, utgifven af Professor C. R. Nyblom:

"Detta arbete af den snillrike amerikanaren innehåller ett det täckaste "galleri af sinå sköna bilder och taflor ur hvardagliga lifvet på ett gammalt, "i en aflägsen trakt liggande adelsgods. — Ett idylliskt behag ligger utbredt "öfver dessa landtliga familjetaflor, på samma gång de andas en friskhet, som "doftar vår och försätter läsaren i samma ställning, som då han en fridfull "söndagsmorgon vandrar ut i en herrlig natur, der foglar sjunga och svalkande vindar spela i skogen. — Författarens friska humor, hans stora for-"måga att objektivera, hans välde öfver språket och den stilens öfverlägsenhet, som man hos honom alltid beundrat, återfinner man här öfverallt. — "Läsarne skola här inse hvilken ädel, upphöjd och älsklig själ det är, som "här klappar på deras hjertan!"

VII. En Resandes Berättelser. Af Washington Irving,

2 Kronor 50 öre. ItS" Om detta arbete yttras i Svensk Litteratur-Tidskrift, utgifven af Professor C. R. Nyblom:

"Då den utmärkte författaren, med hvilken vi i närmast föregående del "af Familje-Biblioteket gjort en angenäm bekantskap, här åter möter oss, "helsa vi honom med oförstäld hjertlighet i det. nya arbete, som vi härmed "lägga under läsarens ögon. — Man återfinner här öfverallt den friske, lef-"nadsglade, lekande och dock djupt allvarlige Irving. — Jag skulle vilja likna "dessa berättelser vid en flod, som i en vacker trakt sakta slingrar sig fram "genom bygder af vexlande naturskönhet. An afspeglar han ängens leende "grönska, än skogens höga majestät, än slättlandets yppiga vegetation, än "bergstraktens storartade stalper. På ytan leka de lätta vågorna ständigt i "solsken, och guldsand hvilar i mägtiga bäddar pä bottnen. De, som skulle "vilja våga försöket att upphemta denna, kunna vara fullt förvissade att se "sin möda rikeligen belönad."

VIII. Besa i Persien. Af Herman Vämbéry. Öfversättning. Med 8 planscher, deraf 3 i litografi och färgtryck, 3 Kr.

Svensk Tidskrift för Litteratur, utgifven af Fil. Doktor H. Forssell, yttrar om detta arbete:13

"Persien är ett land, väl vardt en allmännare uppmärksamhet, antingen '"man afser dess egendomliga natur, dess folk, dess fornhistoria, eller dess "nu varande politiska ställning. Befolkningen är den mest civiliserade i främre '"Asien, liflig och stolt ännu öfver sina minnen från en lysande forntid. Lan-"dets geografiska läge, som gör det till en förgård åt Indien, har mer än en "gång under tidernas lopp lockat mäktiga eröfrare in på dess område. — Det 'är detta folk och detta land, som utgör föremålet för den utmärkte ungerske "linguistens skildring i det arbete, vi här anmäla. Vàmbéry har gjort till "sin uppgift att låta oss blicka in i alla landets väsendtligare förhållanden, "för att sålunda ställa framför oss en bild af det hela Innehållet är till följd "häraf rikt och omvexlande, framställningen ledig, klar och lättfattlig."

IX. Napoleon Bonapartes Historia. Af J. G. Lockhart.

Öfversättning från 4:de original-upplagan. Med 11 planscher; häftad, -4 Kronor 50 öre; i clothband med guldpressning (i Kronor 50 öre.

Aftonbladet yttrar: "Med full rättvisa uppskattande storheten af den "man, som står framför författaren, glömmer han derför aldrig personen och "menniskan för krigarsnillet och statsmannen. Han ställer sig midt i skimret "af dessa glänsande bragder, som förvånade verlden och dömer lugnt och "oveldigt öfver den starke som utförde dem. Och med samma oförvillade "blick skärskådar han äfven denna öfvermodets hänsynslöshet, dessa ärelystnadens aberrationen Han beundrar endast hvad som är beundran värdt. "tadlar blott det moraliskt orätta och väger rättvist det ena som det andra. "Stor förmåga att berätta, med en smak. ett lif, en åskådlighet i framställningen, som oemotståndligt draga läsaren midt in i kretsen af de öfverraskande, storartade verldshändelserna, genomgår han akt för akt detta det "nittonde århundradets hjeltedrama, som börjar med Toulon, Kontenotte, Marengo, Kejsarkröningen och slutar med Moskwa, Leipzig, Elba, Waterloo och "S:t Helena. Vi helsa derför med glädje detta arbete välkommet inom vår "litteratur, som hittills saknat en kortfattad, men dock fullständig och trogen "framställning af don store kejsarens lefnad."

"En skatt af varaktigt värde ligger gömd i dessa blad, som ständigt "skall bereda njutning och glädje åt alla med öppna ögon för det stora i historien och det lärorika i en utomordentlig historisk persons lefnad. Arbe-"tet är en värdefull prydnad icke blott för salongen och divanbordet utan "äfven för hvarje bildad mans boksamling, en utmärkt premiebok för elementarläroverket, en särdeles passande acqvisition för våra sockenbibliotek och "derjemte fullt värdig att inom den allmänt och rättvist värderade bokcykel: "Familje-Bibliotek, ställas vid sidan af sina föregångare. — Boken finnes äf-"ven inbunden i särskildt anordnade verkligt praktfulla band: på främre per-"men ses Napoleons namnteckning, facsimile i guld, under en kejserlig krona "och deromkring en rik ornering af gyllene bin. På ryggen finnes, utom "boktiteln, ett krönt N.. omgifvet af troféer, och derunder ordet Austerlitz."

X. Resor i Brasilien. Naturforskaren på Amasonfloden.

En skildring af elfva års resor och äfventyr under eqvatorn af H. W. Bates. Autoriserad öfversättning från 2:a original-upplagan af G. Lindström, Professor, Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien. Med 58 illustrationer, 4 Kronor 50 öre.

2114

Aftonbladet yttrar: "Brasilien, detta rika, herrliga land, genomström-"mas af Amasonflodens mäktiga vågor, den breda kungsväg, på hvilken Civilisationen intränger i dessa aflägsna verldstrakter, der författaren tillbragte "elfva år och vann åt vetenskapen de ymnigaste skördar. Han är en framstående naturforskare, som meddelar täcka och lifliga skildringar från den "tropiska naturverld, hvars under och storartade rikedom han i behaglig omvexling konstnärligt ordnar och utbreder för våra blickar. Än tecknar han "i vackra drag den stolta floden, detta "Brasiliens Medelhaf", och visar oss "städerna, byarna, landtgårdarna, indiankolonierna, skogarna, höjderna och "slätterna. Än skildrar han det lyckligt lottade landets skiftande natur, dess "herrliga klimat, dess tvåfaldt vexlande årstider, befolkningens seder, lefnads-"ställning och samhällsförhållanden, allt ifrån den vilde urinbyggaren och "negern till Portugisen. — De massor af intressanta upptäckter och iakttagelser, han här gjort, kunna i sanning ej annat än väcka vår stora be-"undran. — Detta förträffliga arbete, med sina talrika väl utförda illustrationer, är så mycket mera välkommet inom vår litteratur, som vi hittills om "Brasiliens land och folk saknat hvarje utförligare beskrifning."

FLODERUS, MANFR. M., Fil. D:r, Lektor i Naturvetenskap vid Upsala högre Elem.-Läroverk, Fysikens första grunder till Elem.-Läroverkens tjenst utgifne. 3:e öfversedda upplagan.

i:a delen: Mekanik. Med 108 afbildningar, 2 Kronor. II:a „ 1. Läran om Ljudet och Ljuset. Med 105 afbildningar, 1 Krona 50 öre.

Ii:a „ 2. Läran om Magnetismen, Elektriciteten och Värmet.

Med 104 afbildningar, 2 Kronor. Öfnings-Exempel till Fysikens första grunder, 75 ore.

j^ST" Kommissionen för granskning af läroböcker i Matematik och Naturvetenskap yttrar om detta arbete: "Denna lärobok utmärker sig för en redig "uppställning och ett klart framställningssätt, hvarföre också densamma till-"vunnit sig mycket förtroende vid elementar-läroverken. Den fullständighet, "hvarmed elementar-fysikens särskilda delar afhandlas, torde snarare kunna ^anses vara för stor än för liten, om man tager i betraktande den tid, som "i skolan at fysikens studium är anslagen. Författaren har dock genom att "med smärre stilar afskilja det mindre vigtiga samt sådant, som kan sparas "till en sednare kurs eller för realliniens lärjungar, antydt för läraren, huru "Läroboken bör begagnas." Uti denna upplaga har äfven intagits om vindarnas lagar och om färgblindhet.

Fock, Fysiken, se Bibliothek i populär Naturkunnighet III.

Franz, Praktisk Gödsellära, se Böcker i Landthushållning ni.

FULLOM, S. W., Qvinnans Historia och hennes förhållande till Religionen, Civilisationen och det Husliga lifvet, från de äldsta tider intill våra dagar. Öfversatt från 3:dje original-upplagan af A. H. Mecl porträtt af Florence Nightingale; häftad, 3 Kronor 50 öre; clothband, 4 Kronor 75 öre.15

GAD, MARIUS, Det allmänna Välståndets Natur och Orsaker. En kortfattad framställning af Statsekonomiens hufvudgrunder. Öfversättning. 2:a öfversedda och tillökade upplagan. 1 Krona 75 ore.

JC^T" Nja Dagligt Allehanda yttrar: "Då i trots af dagligen förefallande frågor betydelsen af ekonomiska studier icke vunnit det erkännande dem vederbör, — de blinda fördomar, hvilka, härledande sig från grof okunnighet om rätta förhållandet ännu icke hunnit blifva skingrade, är förevarande bok af högt värde. — Den är synnerligt innehållsrik med sitt populära framställningssätt på en gång lärorik och underhållande. — Sedan författaren "framstält och visat de nyare kommunistiska och socialistiska lärornas halt-löshet, utredes de stora frågorna om produktionen, utbytet, fördelningen och "förbrukningen. — Hänvisande till författaren, skall ingen ångra sig att ha "gjort hans bekantskap."

GERVINUS, G. G., Inledning i det nittonde århundradets historia. Öfvers, af O. S. Rydberg, 1 Kr. 25 öre. -, Det nittonde århundradets historia ifrån Fördragen i Wien. Öfvers, af O. S. Rydberg.

I:a bandet. Innehåll: 1. Bourbonernas återställande. 2. Kongressen i Wien,

3 Kronor 25 öre.

II:a bandet 1. Innehåll: 3. Reaktionerna från 1815—1820, 2 Kronor 25 öre. II:a bandet 2. Innehåll: 3. Reaktionerna från 1815—1820, 2 Kronor 75 ore. III:e bandet. Innehåll: 4. Revolutionerna i de romaniska staterna i Syd-Europa och Amerika, 4 Kronor. IV:e bandet 1. Innehåll: 5. Bevolutionernas i Italien och Spanien undertryckande, 3 Kronor 25 öre. lV:e bandet 2. Innehåll: 6. Amerikas Sjelfständighet, 2 Kronor 75 öre.

Gosselman. Eesa i Colombia, se Familje-Bibliotek V. Hansteen, Resa i Sibirien, se Böcker för Folket I.

HEEREN, A. H. L., Handbok i det Europeiska Statssystemets och dess Koloniers Historia, ifrån dess uppkomst sedan upptäckten af de båda Indierna till dess återställande efter franska kejsartronens fall och Amerikas friblifvande. Öfversättning från 4:de originalupplagan, i Kronor 50 öre.

Aftonbladet yttrar: "Heeren är ett bland de största namnen inom "Europas historiska litteratur. Hans verksamhet blef så mycket vidsträcktare, "som den utgick i tvenne döden, det- ena genom hans snillrika föreläsningar, "det andra genom hans skrifter, som vunnit en ovanligt stor spridning i alla

"Europas länder. — -a a

"Det är de europeiska samhällenas inre förhållanden, som Heeren med "snillets skarpblick uppfattat och med den öfverlägsna talangens förmåga "tecknat i denna handbok, hvilken utgör ett det värderikaste arbete inom "den historiska litteraturen, beundradt och beundransvärdt ej blott derför, "att det var det första, som ur denna synpunkt, i et.t sammanhang framstält

21*16

"den nyare tidens historiska tilldragelser, utan äfven för den stränga vetenskaplighet, den samvetsgranna forskning, den sanningskärlek och den höga 'uppfattning af företeelsernas inre sammanhang, hvarmed det blifvit genomfördt. —"

"Det rika materialet är ordnadt med en klarhet, som endast mästaren i "den historiska konsten kan åstadkomma, framställningen är lättfattlig, föredraget lifligt och naturligt."

HERDER, J. G., och LIEBESKIND, A. J., Valda Österländska

Berättelser, för ungdomen utgifna. Öfversättning. Med 43 illustrationer; häftad, 3 Kronor 50 öre; kartonerad, 3 Kr. 60 öre; clothband med guldpressning, 4 Kr. 40 öre.

J^ST* Uti Pedagogisk Tidskrift, utgifven af Rektor H. F. Hult, yttras: "Det "arbete vi här anmäla bör tillerkännas en mycket hög och framstående plats. "— Det eger ett stort värde både för det väl valda innehållets lämplighet "och för den formfulländning, som utmärker det. — Vi ha här ett glas sli-"padt i otaliga facetter. — Draperingen och koloriten ega öfverallt den rika "orientaliska prakten, men öfverallt framskimrar det rent humana under den "glänsande ornamenteringen. Jag skulle derföre med vår gamle Svedbergs "ord vilja kalla denna bok för "en Vishetsregel och en Ungdomsspegel": "sådana sköna lärdomar, sådana visa föreskrifter, sådana ädla tankar och "upphöjda föredömen äro här i rikt omvexlande mångfald grupperade till ett "vackert helt. Den lastbares straff och den dygdiges belöning är det grundtema, som här genomgås i skiftande variationer. Smickrets halhet, lismeri-"ets kryperi, lögnens djerfva angrepp, afundens smygvägar, egennyttans frestelser, fåfängans uppblåsthet, förtalets smädelser, hatets och hämndens "sjelfviskhet; alla de laster och fel, som kunna utbildas inom menniskohjertat "och störa sammanlefnaden, framträda här inför rättvisans domstol till bestraffning, på samma gång sanningskärleken, anspråkslösheten, vänskapen, "rättrådigheten, uppoffringen, troheten och nitet, visheten, försakelsen och "alla de öfriga dygder, som adla menniskan till skapelsens högsta och skönaste verk, erhålla en herrlig belöning. Att i denna doftande lustgård "framhålla värdet af någon särskild praktväxt, skulle innebära en

orättvisa "mot de öfriga."

Huc, Resa i Kina, se Familje-Bibliotek IV.

Huc, Resa i Mongoliet och Tibet, se Familje-Bibliotek I.

Huxley, Menniskokroppens Byggnad, se Naturvetenskapliga Läseböcker III.

Irving, Bracebridge Hall, se Familje-Bibliotek VI.

Irving, Christopher Columbus, se Böcker för Folket IV.

Irving, En Resandes Berättelser, se Familje-Bibliotek VII.

Keyser, Kemien, se Bibliothek i populär Naturkunnighet VII.

Kobe]l, von, Mineralogi, se Naturvetenskapliga Läseböcker I.

Lindhagen, Astronomiens Grunder, se Bibliothek i populär Naturkunnighet IV.

Lindström, Geologiens Grunder, se Bibliothek i populär Naturkunnighet II.

Lloyd, Jagtnöjen i Sverige och Norge, se Böcker för Folket II.

Lockhart, Napoleon Bonapartes Historia, se Familje-Bibliotek IX.

Lästadius. Journal, se Böcker för Folket III.

Masius, Djurriket, se Naturvetenskapliga Läseböcker II.

Michaud, Korsfararne och Korstågen, se Böcker för Folket VI.

Mignet, Franska Revolutionens Historia, se Familje-Bibliotek II.17

MUNCH, A., Flickan från Norge. Historisk-Romantisk Berättelse, 1 Krona 50 öre.

Den berömde författaren målar uti denna berättelse med lifliga färder en sann händelse från 13:de seklet.!

NATURVETENSKAPLIGA LÄSEBÖCKER:

I. Populära Föredrag i Mineralogi af f. von Kobell. Med

08 afbildningar. Öfversatta af g. Lindström, Professor, Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien, 2 Kronor 50 ore.

KSF Om detta värdefulla arbete yttrar en recensent i Aftonbladet:

Denna serie "naturvetenskapliga läseböcker", författade på ett populärt 'språk af utmärkta vetenskapsidkare, är började med en handbok i mineralo-gien. — Efter en inledning, som redogör för den oorganiska naturen och "der kristallbildningen är särdeles utförligt och klart framstäld, beskrifvas "först ädelstenarne, derefter du vanliga stenarterna, och vidare såväl de ädla metallerna som de vanliga metallerna och malmerna."

Författaren, som till hvarje ämne förbereder läsaren, yttrar vid redogörelsen för:

De vanliga metallerna: "Hvad vore lifvet utan jern, koppar, bly. tenn?

"Hvad vore det utan dessa metaller, hvilka icke räknas till ädla? Det vore "ett lif, som liknade det, hvilket endast några få vilda öboar föra. Detta "låter underligt för oss, som lefva midt ibland intelligensens och civilisationens framsteg, ilen vi glömma då vanligen, att materiella medel äro ett '"vilkor för dessa framsteg, liksom humus och knappast märkbar jord äro det, "för att ett välsignelsebärande strås eller en älskligt blomstrande blommas "frö skall komma till grodd och utveckling. I metallernas förhandenvaro ligger i sanning en lifsfråga lika mycket för vetenskap, konstflit och hantel, som för samhällets skyddande och stadgande och för dess förskönande. "Huru skulle det utan dessa metaller vara ställdt med våra maskiner och instrumenter, med våra vapen, med våra åker- och odlingsredskap, med skeppsfarten, med bergverken, med tusende saker, som sedan århundraden hafva "sysselsatt den vetenskapliga och den industriella spekulationen"?

II. Djurriket. Naturhistorisk Läsebok af Herman Masius.

Öfversatt och bearbetad af g. Lindström, Professor, Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien. Med öfver 350 artistiskt utförda afbildningar. Kartonerad med rygg och hörn af cloth, 4 Kronor 50 ore.

Om detta arbete yttrar Aftonbladet: "För hvar och en, som är intresserad af att lära närmare känna naturens underbara ekonomi inom djurens "verld, rekommendera vi på det högsta ofvanstående arbete. Den är skildrad "med en saftig och populär penna och med tillgodogörande af vetenskapens "nyaste resultater. De mest framstående arterna beskrifvas, men ej efter "den vanliga torra, systematiserande metoden, utan på ett sätt som, så att "säga, inviger oss i deras husliga lif. — Hvad som ej litet höjer läsebokens "värde, är det stora antal — öfver 350 — konstnärligt utförda träsnitt, som "åtfölja beskrifningarna. - Vi ha deribland ett litet det allra täckaste steg-"litsbo, samt. de mirakel af fogelarkitektur, som uppföras af skraddarfogeln,18

"väfvarfogeln och republikanen. Boken är i alla afseenden en af vår litteraturs värdefullaste och blir en god acqvisition för alla Sockenbiblioteken "Boken, med sin ypperliga målning af naturens underverk inom djurriket, "lämpar sig till läsning både för ung och gammal, för folk af alla klasser."

III. Menniskokroppens byggnad och förrättningar, Grunddragen af Menniskans Fysiologi af Thomas H. Huxley, Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien. Öfversatt och bearbetad efter 4:de original-upplagan af Christian Lovén, Professor, Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien. Med 94 träsnitt, deraf ett i färgtryck, samt 2 planscher, 3 Kronor. (Belönt af Kongl. Vetenskaps-Akademien med Letterstedtska priset).

Aftonbladet yttrar: "Detta arbete, för hvars godhet såväl författarens "som bearbetarens namn äro en borgen, intager i ordningsföljden det tredje "rummet uti serien "Naturvetenskapliga läseböcker," och det är oss ett verkligt nöje att fästa allmänhetens uppmärksamhet på en på samma gång så "gedigen och så underhållande lektyr. Bland de intressanta afdelningarna i "denna bok är det kapitel, som afhandlar hallucinationer, synvillor och dylikt, "isynnerhet derför att detta ämne i allmänhet är föga kändt, och de mest "oriktiga föreställningar, befordrande vantro och spökrädsla, derom äro eller "varit herrskande. — Författaren meddelar de mest sällsamma exempel på "hallucinationer, och är detta arbete, oaktadt sin vetenskaplighet, så långt "ifrån att lida af torrhet, att det tvärtom kan anbefallas såsom något ovan-"ligt roande, man kunde säga pikant. Träsnitten äro goda, och ett af dem, "utfördt i vackert färgtryck, det första af detta slag i vårt land."

IV. Värmet, betraktadt såsom rörelse af John Tyndall,

Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien. 5:te originalupplagan, öfversatt och bearbetad af C- F. E- Björling, Professor. Med 1 tafla och 111 bilder, hvaraf en i färgtryck, 4 Kronor.

Nesbit, Jordbrukskemiens Hufvudgrunder, se Böcker i Landthushållning I. Nyerup, Herremannen Brahe, se Böcker för Folket V. Nyman, Botaniken, se Bibliothek i populär Naturkunnighet VI.

PARKER, THEODOR., En afhandling om Religionen. Öfversättning från 4:de original-upplagan, 4 Kronor.

-, Tio Predikningar om Religiositeten, 2 Kr. 50 öre.

-, Teism, Ateism och Kyrklig Teologi afhandlade

i Tio predikningar, 3 Kronor.

Dessa trenne Parkers snillrika skrifter innehålla Kärnan af den med sitt okufliga sanningsmod beundrade reformatorns religionsafhandlingar.

Författaren yttrar uti en inledning: "Det är min afsigt att i dessa blad ^återkalla menniskorna från den förgängliga formen till det oförgängliga väsendet, från yttre och falsk tro till verkligt och inre lif, från denna in-iy

"skränkta teologi med dess afgudar af menniskopåfund till deaiia allmänneliga "religion och hennes evigt lefvande oändelige Gud; från den menskliga dårskapens och syndens dagligen sammanstörtande och ramlande tempel till "hjertats inre helgedom, der den om ock svaga stämman aldrig skall upp-"höra att tala. Jag skulle vilja visa menniskorna religionen, sådan hon är "— det aldra skönaste af alla Guds skönaste barn. Om jag misslyckas

häri, "är det förmågan, som är för svag, ej viljan, som brister." — Ingalunda är syftet att grundlägga en nv religion, utan endast att rensa den kyrkliga kristendomen från främmande orena tillsatser. — Luther påbörjade denna rensning.

Pvescott, Mexikos Eröfring, se Familje-Bibliotek III.

REULEAUX, F., Professor, Direktör för Kongl. Gewerbe-Aka-demien i Berlin, ni. m., Konstruktören. Eli handbok till begagnande vid Maskin-Beräkningar för Maskin- och Byggnads-Ingeniörer. Fabrikanter och Tekniska Läroverk. Bearbetning från 3:e tillökade original-upplagan af C- A- Ångström, Professor vid Kongl. Tekn. Högskolan, Ledamot af Kongl. Vetenskaps-Akademien. 2:dra upplagan. Med 797 träsnitt och med tillagda 89 tabeller, 15 Kronor.

2&2T* Då l:a upplagan varit använd såväl för undervisningen vid Sveriges tekniska läroverk som för den enskilda iugeniörs-praktiken, men någon tid utsåld, blir nu ett erkändt behof åter fyldt. Icke allenast 3:e tillökade ori-ginal-upplagan, utan än ytterligare denna 2:a svenska upplaga har betydligt utvidgats och förbättrats. Den erbjuder en rikhaltighet i innehåll, som bör föranleda en ännu större och allmännare användbarhet. Innehållsförteckningen utvisar, att flera afdelningar omarbetats och utvidgats, att nya helt och hållet blifvit tillagda, att hela andra afdelningen om grunderna at' grafosta-tiken är ny, att större utvidgningar ha införts om skrufförsänkningar, om kilar och kilförbindningar, om rörliga och lösbara kopplingar, om kettingar, att uppsatserne om skruf- och hyperbei-hjul äro tillagda. Många andra betydliga förändringar ha införts för att underlätta erhållandet af praktiska resultat och gifva dessa större säkerhet. Som hufvudmått — och vigt — är användt metersystemet, men dessutom äro alla formler uttryckta efter de Svenska, Norska och Danska mått- och vigtsystemen, af betydlig nytta, då nu uti de skandinaviska länderna förestår införandet af metersystemet, jemte det att de gamla systemen fortfarande komma att tills vidare användas. För underlättandet af öfvergången finnas derjemte en mängd tabeller för reduktioner mellan nämnda mått- och vigtsystemer. Dessutom: tabeller för reduktioner mellan de ifråga varande systemen och det engelska. An vidare: tabeller för bestämning af myntvärden med hänsyn till mått och vigt efter olika systemer. Den betydliga samlingen af 89 tabeller erbjuder ett rikhaltigt urval (som här blott kunnat antydas) af matematiska-, reduktions- och tekniska-tabeller, hvaraf 82 äro samlade och beräknade af Professor Ångström.

Jt-JE^ Teknisk Tidskrift, utgifven af Lektor A. W. Hoffstedt, yttrar: "Så väl

för teoretikern som praktikern har denna Svenska upplaga betydligt företräde genom de många värdefulla, vid en mängd beräkningar och reduktioner tidsbesparande tabellerna, — för reduktioner mellan olika länders mått "och vigter; många jemnförande tabeller mellan pris per olika längd-, yt-,20

"volyms- och vigt-enheter; vigttabeller für en mängd olika konstruktions-ma-"terial, såsom platt-, fyrkantigt-, rundt- och vinkel-jern, plåt, rör, kulor etc.

"m. fl. _ För att göra boken lättare användbar äfven i Norge och Danmark

"har jemte de svenska formlerna äfven anförts sådana, reducerade till de "Norska och Danska systemen."

Richter, Resor till Lands och Vatten, se Böcker för Folket IX.

ROBERTS, W H., Den inhemske Vinfabrikanten och Hembryggaren. En fullständig, praktisk och lättfattlig afhandling att medelst Saccharometerns tillhjelp tillverka alla slags inhemska Viner jemte Porter, Öl och Svagdricka. Bearbetning från 5:e Engelska upplagan (af Georg Scheutz), 75 öre.

Innehåll: Förra afdelningen. Vinberedning. Inledning. Socker-profvaren och dess bruk. Krusbärsvin. Champagnevin af omogna krusbär, af mogna d:o. Russinvin. Rödt och hvitt Vinbärsvin. Svart Vinbärsvin. Constantiavin af svarta och hvita vinbär. Vin af blandad frukt. Krikoiiviu. Körsbärsvin. Smultronvin. Björnbärs- och Hallonvin. Biandvin af äpplen, päron och russin. Ingefärsvin. Hemgjordt Madeira. Malagavin. Hochhei-mer, Champagne och Constantia af mat-rabarber. Mjöd. Vin af björklake.

Senare afdelningen. Bryggning. Brygd i allmänhet. Malt. Vatten. Mäskning. På-ösnings-kanna. Yörtkoket.

Svalning. Jäsning. Tun-ning. Klarning. Svagdricksbrygd. Bryggning på två, halfannan och en tunna malt. Porterbrygd. Brygghuset. Bryggkitteln. Mäskkaret. Vörtbaljan. Svalskeppet. Jäsningskaren.

Tidskrift för Sv. Landtbruket och dess binäringar yttrar: "Detta ar-"bete skiljer sig väsendtligen från sina föregångare deruti, att då dessa ut-"göra blott en samling recepter lemnar Roberts er. systematisk och sakrik "afhandling uti i fråga varande ämnen, som han inleder med följande ord: "Bryggning och Vinberedning äro så nära beslägtade, att man i sjelfva verket vid ölbrygd icke gör annat än bereder vin af malt, i stället för af "frukter. Författaren är fullkomligt vuxen sitt ämne, som han egnadt många "års studium."

SCHEUTZ, GEORG, Illustreradt Stockholm. Med en litho-grafierad plankarta öfver hufvudstaden samt 81 artistiskt utförda vyer i träsnitt öfver Stockholms vackra utsigter, offentliga platser, mera framstående byggnader och omgifningar. Bunden i clothband med guldpressningar, 4 Kr.

IS^SIT Om detta arbete yttrar en recensent i Aftonbladet: "Vi anmäla här "ett arbete, som utgör ett verkligt evenement inom den svenska bokhandeln "och som fyller ett länge kändt behof, enär vi allt hitintills saknat en illustrerad handbok öfver Sveriges hufvudstad, som i någon mån skulle kunna, både hvad text och illustrationer beträffar, jemföras med det bättre man i den vägen har att uppvisa för utlandets hufvudstäder; men genom det nu 'utkomna 'Illustreradt Stockholm', hvaruti såväl texten som illustrationerna "äro af verkligt utmärkt beskaffenhet, har man erhållit en sådan, på hvilken "blifvit nedlagd mycken både omsorg och kostnad".21

"Illustrationernas antal uppgår till 81. De äro mästerliga träsnitt; och ^hvad texten angår, så är äfven den i sitt slag ett mästerstycke af den gamle i flere riktningar så utmärkte mästaren Georg Scheutz."

"Såsom en verklig ledsagare (guide) i ordets bästa mening, tager han , n med förhållandena obekante vid handen och förer honom omkring till det ena efter det andra, enkelt, lättfattligt omtalande hvad som* är märkvärdigt.

,. üt<>m för landsortsbon och främlingen, bör denna beskrifning vara af största intresse äfven för Stockholmsbor, som beklagligen alltför ofta ha ^bra liten närmare kännedom om och verklig reda på det, som finnes under deras egna ögon."

JCsf Plankartan, upptagande alla nya förändringar, utmärker sig för ovanlig fullständighet.

Scheutz, Jorden, Illustrerade Naturbilder, se Bibliothek i populär Naturkunnighet I. Schiller, Trettioåriga Kriget, so Böcker för Folket VII.

SCOTT, WALTER, Morfars Sagor eller Berättelser ur Skottska Historien. Kartonerad i 3 band med rygg och hörn af cloth, 7 Kronor 50 öre.

Denna bok är lika mycket värderad uti den lärdes bibliotek, som på landtmannens bokhylla eller på den förnämes divanbord; den läses öfverallt der läsning är njutning och är derföre omtyckt af gammal och ung! — Geijer yttrar också i Litteraturbladet: "Hvem har i alla verldsdelar blifvit "läst om ej Walter Scott — och hvem har läst honom, och ej tackat honom "for den renaste njutning?"

Scott, Ivanhoe, se Valda Romaner IV. Scott, Quentin Durward, se Valda Eomaner V. Scott, Sjöfröken, se Böcker för Folket VIII.

Stockholm och dess nejder, en kort framställning af hufvudstadens historia, jemte beskrifning på de märkligaste ställen såväl inom densamma som i dess grannskap, försedd med 40 vackra afbildningar af de kungliga lustslotten, hufvudstadens offentliga platser och mera framstående byggnader. Med ny karta 1 Kr. 25 öre; utan karta 1 Krona.

JCjET" Denna illustrerade handbok öfver Sveriges hufvudstad, lika värdefull för Stockholmsbon sjelf, som samvetsgrann och intressant vägledning för den resande — torde rekommendera sig såväl genom rikhaltigt innehåll som billigt pris och ypperliga illustrationer. Plankartan, upptagande alla nya förändringar, utmärker sig för ovanlig fullständighet.

STÅLRERG, WILHELMINA, Brefställare för Fruntimmer, 2:dra

upplagan, 1 Krona. JfjT" Författarinnan yttrar i förordet: "Vi tro att en eller annan, med mindre "vana vid beskrifning, kanske ock med mindre förmåga att sätta sina tan-"kar på papperet, kan häruti finna en ledning.'22

Thorell, Zoologiens Grunder, se Bibliothek i populär Naturkunnighet T. Tyndall, Värmet, se Naturvetenskapliga Läseböcker IV.

VALDA ROMANER:

I. Cinq-Mars eller en sammansvärjning under Ludvig XHT.s regering, af Grefve Alfred de Vigny, Ledamot af Franska Akademien. Öfversättning från 14:de original-upplagan, 2 Kronor 50 öre.

De många upplagor detta arbete upplefvat, ådagalägga, att det ej är ott verk blott för ögonblicket. — Historisk trohet och dramatisk liflighet jemte ett glänsande språk ökar värdet af den högst intressanta berättelsen. — Och den sanning, i hvilken karaktererna framstå, gör skildringen till en tidsbild, hög, tilltalande och lärorik för en hvar, som eger en oförvillad blick för uppfattningen af en vis Försyns uppenbarelse så väl i verldshistorien, som i den enskilda menniskans öden.

II. Pompeji Sista Dagar, af Edward Lytton Bulwer. öfversättning. Ny upplaga, 4 Kronor.

Författaren yttrar i företalet: "Då jag besökte de uppgräfda lemningarna af en stad. som mer än söderns herrliga luftstreck och dess molnfria "'himmel, dess violblå dalar och ponieranslundar, lockar den resande till Nea-"pels ängder: då jag betraktade de ännu bibehållna gatorna, templen och "teatrarna i en ort, som blomstrade på romerska väldets stoltaste tid, var "det icke onaturligt, att en skriftställare skulle känna ett lifligt begär att "ännu en gång befolka dessa öfvergifna gator, att återställa dessa sköna rui-rner, att till lifvet återkalla de ben, som ännu voro bevarade för hans granskning, att öfverskrida svalget af aderton århundraden och — väcka de Dödas Stad till en ny tillvaro. Karaktererna äro derför naturliga barn af "skådeplatsen och tidpunkten, tilldragelserna i berättelsen öfverensstämma "äfven med det då varande samfundslifvet; ty det är icke blott för att skåda "lifvets alldagliga uppträden, festerna och forum, badhusen och amfiteatern, "den klassiska yppighetens hvardagslif, som vi frambesvärja det förflutna: "lika vigtiga och af vida större intresse, äro de lidelser, de brott, de misseden och de motgångar, s»m kunde hafva drabbat de skuggor, hvilka vi så-"lunda kallat till lif." —

III. Improvisatören. Roman i tvenne delar; af H. C. Andersen. Öfversättning från 3:dje original-upplagan,

2 Kronor 50 öre.

Uti denna roman, genomströmmad af en i hög grad ren och sedlig anda, (den yppersta) af don utmärkte danske skriftställaren, har han lemnat oss en med glödande färger målad skildring af Italien och dess folklif.

IV. Ivanhoe. Roman af Walter Scott- Öfversättning. Ny upplaga, 3 Kronor.

v. Quentin Durward. Roman af Walter Scott. Öfversättning. Ny upplaga, 3 Kronor.Walter Scotts romaner rekommenderas ej allenast hos den store mannens många beundrare utan äfven hos hvarje familjefader, som till sin, familj vill öfverlemna en läsning, om hvilken han kan vara förvissad ej sårar den finaste grannlagenhet och hvari den renaste smak och den strängaste moral råda. Följande ord yttras af:

Byron: "Scott är i sanning den underbaraste skriftställare i våra dagar."

Geijer: "Hvem har i alla verldsdelar blifvit läst om ej Walter Scott? "Och hvem har läst honom och ej tackat honom för det renaste nöje. Han "intager ett värdigt rum bland den menskliga bildningens aldra yppersta. — "Såsom författare tillhör han alla folk." —

Jeffrey: "Såsom ett tecken af vår beundran vilja vi säga, att Scotts "romaner skola lefva lika länge som det språk, hvarpå de äro skrifna."

Aftonbladet: "Hvarje ny generation bör göra bekantskap med denna rena "och friska källa, — Scotts på en gång underhållande och rena romaner, — "hans karaktärsteckningar äro de utmärktaste som romau-litteratureu eger!"

Vämbéry, Resa i Persien, se Familje-Bibliotek VIII. Vigny, de, Cinq-Mars, se Valda Romaner I.

Vincent, Handledning i Täckdikning, se Böcker i Landthushållning II.

VULLIET, A., Allmänna Historien i Sammandrag. Öfversatt af

Fil. Doktor David Sjöstrand. Komplett i 3 Band, 8 Kr.

Sir* Pedagogisk Tidskrift, utgifven af Lektor L. A. A. Aulin, yttrar: "A. "Vulliet: Allmänna Historien i Sammandrag hade i Frankrike och Schweiz "sett flera upplagor och blifvit en allmänt omtyckt historisk läsebok, innan "den öfversattes på svenska. — Allt, som inneburit någon vigtigare betydelse "för civilisationens framsteg, har författaren med ovanlig talang framhållit i lifliga skildringar och underhållande berättelser, som draga läsaren med sig "midt in i händelserna och låta honom se dessa lefvande framför sig. Och "en annan förtjenst är, att författaren i sin framställning med berömvärd säkerhet iakttagit det lagom, som hvarken bjuder för mycket eller för litet "åt sina läsare icke blott inom skolans område, utan äfven i hemmet och fa-"miljen. — Följden häraf är, att läsaren klart och redigt kan här uppfatta "verldshistorien i dess vigtigaste momenter. — Författaren, som framställer "verkliga taflor ur folkens lif, har lagt i dagen en stor förmåga att utvälja "de drag och episoder, som på samma gång lifligt intressera läsaren och tro-"get afspegla tidsåldern i dess egendomliga skaplynne. — Den protestantiska "grundton, som genomgår hela detta verk, utgör den gode ande, som breder "ljus öfver det hela och sammanhåller de med mycken intelligens valda detaljerna. — Vi kunna ej för mycket rekommendera detta utmärkta arbete, "hvars värde redan är genom många upplagor konstateradt. — För vår del "anbefalla vi det med värma först och främst åt vår ungdom i allmänhet och "särskildt åt vara Elementar-läroverk. — Och då Vulliets klara, åskådliga "framställningssätt är synnerligen egnadt att väcka håg för historien, skulle "det medföra mycket godt, om hvarje läroverks bibliotek ville åt sina lärjun-"gar tillhandahålla några exemplar af detta arbete, för att på lediga stunder "bereda ungdomen en uppfriskande läsning. — Och om Elementar-läroverket "derjemte söker en premiebok af värde, så torde knappast någon kunna föreslås lämpligare än denna. — Boken bör blifva en god acqvisition icke blott "för hvarje sockenbibliotek, der den kommer att erbjuda en sund läsning och "bereda mången stund af angenäm vederqvickelse, titan äfven för den mera24

"bildade enskilde, som åt sig sjelf och sin omgifning i den husliga kretsen "och familjen önskar en pä samma gång närande och uppfriskande sysselsättning, icke afsedd att döda tiden, utan göra den nyttig och lärorik."

ÖRSTED, H. C., Anden i Naturen, 2:a öfversedda och (med förord, biografi öfver författaren och hans sista arbete: "Vägen från Naturen till Gud") tillökade upplagan. Öfversättning af C- J. Backman. Fil. Doktor. Med författarens porträtt, 3 Kronor 50 öre.

JfjÈf Nya Dagligt Allehanda yttrar: "Då vi nu gå att anmäla detta arbete "för den läsande allmänheten, sker det med den angenäma känslan, att ega "något verkligt utmärkt och gediget att rekommendera, och vi kunna ej annat "än hålla förläggaren rakning för, det han till de öfriga förtjenstfull:! arbeten han utgifvit, äfven tillagt detta."

"Detta arbete omfattar en hel skatt af bildning, hvilken vi uppmana en "hvar att söka tillegna sig. Det finnes knappast någon af lifvets högsta frå-"gor, som ej här är vidrörd och belyst, och den som rätt studerat denna bol;, "skall säkerligen i många ting, som förut förefallit honom dunkla och obegripliga, se ett ljus för sig uppgå, hvilket skall vägleda honom på den sanningens och det godas väg, som den sanna vetenskapen öppnar för den i "mörker famlande menniskan."

JfjST* Post- och Inrikes Tidningar: "Af dansken H. C. Örsteds utmärkta arbete "Anden i Naturen", hvaraf öfversättningar utkommit på tyska, engelska, "franska och holländska språken, har i dessa dagar utgifvits en ny svensk "upplaga. Det är med verklig glädje man sålunda ser, att den svenska all-"mänheten förstår att. uppskatta ett sä verkligt gediget arbete som detta, så "fritt från all slags flärd, så fullt af äkta visdom, så rikt på lösningar af så "många af lifvets högsta och svåraste frågor. Den nya upplagan är öfversedd "af öfversättaren fil. d:r Backman, tillökad med författarens biografi och sista "arbete: "Vägen från Naturen till Gud" samt med ett ypperligt litografieradt "porträtt efter en tafla af Gertner. Arbetets hela utstyrsel visar, att förläggaren icke sparat någon möda för att göra det till en verklig prydnad "för bokhyllan."

jfSf Stockholms Dagblad: "En ny upplaga har utkommit af ett bland vårt "tidehvarfs utmärktare arbeten, en bok,

som utan tvifvel skall fortfarande "mottagas med största deltagande af alla bildade och bildningssökande i vårt "land. Det är "Anden i Naturen" af H. C. Örsted."

"För den som önskar att bilda sig en sann och upphöjd åskådning af "verlden och lifvet utgör detta arbete den yppersta handledning, och hvarje "uppmärksam läsare skall i författaren finna en vägvisare till Gud, och en "vägvisare, hvars hufvud aldrig svindlar, hvars hand alltid stadigt och kärleksfullt stödjer den vacklande. Den som känner H. C. Örsteds mästerliga "arbete måste med öfversättaren instämma, att detsamma, rätt läst och för-'"stådt, är en verklig skatt af bildning och en folkbok i detta ords bästa betydelse. — Sjelfva boken föregås af C. Hauchs skildring af författarens lef-"nad. och denna visar honom såsom mönstret för en vetenskapsman och en "mensklighetens lärare."